

# Análisis de requerimiento para la implementación de Laboratorios Remotos

Zamora Musa, Ronald

Análisis de requerimiento para la implementación de Laboratorios Remotos /

Ronald Zamora Musa. – Barranquilla: Educosta, 2011

112 p.; il ; 17 x 23 cm.

ISBN : 978-958-8710-78-5

1. Laboratorio de ingeniería electrónica 2. Educación virtual (Laboratorio)

Dewey 620/Z25 CD.21

Co-BrCuC

# Análisis de requerimiento para la implementación de Laboratorios Remotos

**Ronald Zamora Musa**



2011



# Análisis de requerimiento para la implementación de Laboratorios Remotos

Autor: **Ronald Zamora Musa**

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA  
DE LA COSTA CUC  
Barranquilla - Colombia - Sur América

ISBN: 978-958-8710-78-5

Primera Edición  
Editorial Universitaria de la Costa EDUCOSTA  
Corporación Universitaria de la Costa CUC  
Calle 58 No. 55-66  
Teléfono: (575) 344 3597 - 336 2224  
educosta@cuc.edu.co

Coordinación Editorial:  
Perla Isabel Blanco Miranda

Corrección de textos:  
Nury Ruiz Bárcenas

Diagramación y Diseño de Portada:  
Carlos Guillermo Peña Estrada

Impreso por:  
Yoyobiz Creativos

Hecho el depósito que exige la ley.

©**Todos los derechos reservados, 2011**

Esta Obra es propiedad intelectual de sus autores y los derechos de publicación han sido legalmente transferidos al editor. Queda prohibida su reproducción parcial o total por cualquier medio sin permiso por escrito del propietario de los derechos del copyright©

## FUNDADORES

### CORPORACIÓN UNIVERSITARIA DE LA COSTA CUC

EDUARDO CRISSIÉN SAMPER  
RUBÉN MAURY PERTUZ (q.e.p.d.)

NULVIA BORRERO HERRERA

MARÍA ARDILA DE MAURY

RAMIRO MORENO NORIEGA

RODRIGO NIEBLES DE LA CRUZ (q.e.p.d.)

MIGUEL ANTEQUERA STAND

## PERSONAL DIRECTIVO

### CORPORACIÓN UNIVERSITARIA DE LA COSTA CUC

TITO JOSÉ CRISSIÉN BORRERO  
Rector

RODOLFO MAURY ARDILA  
Vicerrector de Bienestar

MARIO MAURY ARDILA  
Director Departamento de  
Posgrados

HERNANDO ANTEQUERA  
MANOTAS  
Vicerrector Financiero

CAROLINA PADILLA VILLA  
Secretaria General

ALFREDO GÓMEZ VILLANUEVA  
Decano Facultad de Arquitectura

GLORIA CECILIA MORENO  
GÓMEZ  
Vicerrectora Académica

JAVIER MORENO JUVINAO  
Decano Facultad de Ciencias  
Económicas

HENRY MAURY ARDILA  
Vicerrector de Investigaciones

ALFREDO PEÑA SALOM  
Decano Facultad de Derecho

JOSÉ EDUARDO  
CRISSIÉN ORELLANO (e)  
Vicerrector de Extensión

MILDRED PUELLO SCARPATI  
Decana Facultad de Psicología

JAIME DÍAZ ARENAS  
Vicerrector Administrativo

FAIRUZ VIOLET  
OSPINO VALDIRIS  
Decana Facultad de Ingeniería

NADIA JUDITH OLAYA CORONADO  
Decana Facultad de Ciencias Ambientales



## **Dedicatorias**

A Dios, por permitirme llegar a feliz término con este libro, el cual dedico a toda mi familia: a mi mamá Yomaira (Chiqui), a mi papá Jairo, mis hermanos Jairo y Yeison y demás familiares, abuelos, tíos y primos. Además de dedicarles este libro a todas estas personas especiales en mi vida, también quiero darles las gracias por no hacerme sentir culpable al robarles tiempo en múltiples noches, fines de semana, momentos familiares y de amistad por estar inmerso plasmando las ideas de este libro.

A la Ingeniera Olga Martínez y a todo el grupo de trabajo de GIINTEL-CUC y al Centro de Tecnologías Aplicadas a la Educación (CENTAE), los menciono de manera especial por el apoyo y confianza que me brindaron durante la realización de este proyecto.

A los amigos y compañeros dedico esta obra, con quienes se trabajó la investigación hasta sacar el proyecto adelante.

A todas aquellas personas que no he mencionado explícitamente en este escrito por falta de espacio, pero sé que leerán esta obra.





## Agradecimientos

Este libro pudo desarrollarse gracias a la ayuda incondicional de todo un equipo de trabajo que involucra a personal directivo, administrativo y académico de la Corporación Universitaria de la Costa – CUC. Entre ellos se destaca a la Ingeniera Olga Martínez Palmera Directora del Programa de Tecnología en Informática y Telecomunicaciones y todo el grupo de trabajo del grupo de investigación GIINTEL – CUC, al Centro de Tecnologías Aplicadas a la Educación - CENTAE, al Ingeniero Jaime Vélez Zapata Director del programa de Ingeniería Electrónica y a todo el grupo de trabajo del mismo.

Al Consejo de Fundadores de la Institución, conformado por Eduardo Crissién Samper, Rubén Maury Pertuz (q.e.p.d.), Nulvia Borrero Barraza, María Ardila de Maury, Ramiro Moreno Noriega, Rodrigo Niebles De la Cruz (q.e.p.d.) y Miguel Antequera Stand. A los doctores Tito José Crissién Borrero, Rector General; Gloria Cecilia Moreno Gómez, vicerrectora académica.

De igual manera a Henry Maury Ardila, Isabel Franklin, John Sánchez y Jazmín Cabarcas, grupo de trabajo de la Vicerrectoría de Investigación.

A la ingeniera Fairuz Ospino Valdiriz, Decana de la Facultad de Ingenierías, a todo el grupo de trabajo de la Editorial Educosta, y a todos aquellos que hicieron sus aportaciones técnicas y correcciones de estilo que invitaron a la reflexión, afinamiento y fortalecimiento de esta obra.

*Ronald*



# Prólogo

Los Laboratorios Remotos (LR) como sistemas que utilizan elementos de las TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación) enfocados hacia la educación, están llamados a ser parte integral de aquellas herramientas tecnológicas usadas en la actualidad en el ámbito de la enseñanza.

Los avances acelerados de la tecnología han influenciado la manera y forma en cómo se educa, la forma de transmitir la información; en fin, la manera de como el estudiante descubre el conocimiento. La evolución de la tecnología va más rápido que la evolución de la educación. Actualmente debido a los avances tecnológicos la información se encuentra disponible en “todas partes”, en cualquier momento y lugar, caso contrario en algunos entornos de educación donde el estudiante de hoy, el nativo digital convive con teorías y costumbres educativas del siglo pasado o en algunas ocasiones no tiene el tiempo suficiente por limitaciones y disponibilidad de espacios para desarrollar todas las actividades educativas; es aquí donde la implementación de sistemas que utilizan la tecnología para la educación como son los Laboratorios Remotos equilibran la relación educación-tecnología.

En este libro, Análisis de Requerimientos para la Implementación de Laboratorios Remotos, se realiza un estudio sobre elementos claves, articulación de conceptos y aspectos a tener en cuenta en la implementación de un Laboratorio Remoto. Tomando como referencia que los detalles materializados a manera de información en el libro son resultados de proyectos de investigación llevados a cabo en la Corporación Universitaria de la Costa, CUC, este se constituye en una guía y aporte significativo para la implementación de Laboratorios Remotos en las instituciones de educación superior.

El documento está estructurado en cuatro capítulos. En el primero, se hace un acercamiento a la definición de lo que es un Laboratorio Remoto (LR) y algunas de sus características, mencionando también en cuál generación de la educación a distancia se encuentran los LR y cómo interactúan con ella.

En el segundo capítulo se realiza un análisis de LR que están implementados a nivel mundial, mostrando cuáles son las tecnologías, plataformas y protocolos utilizados en los mismos, además de las interfaces con la cual interactúa el usuario con el sistema; adicionalmente, se realizan comentarios o conclusiones con respecto a los datos mostrados en el mencionado capítulo.

En el tercer capítulo se hace una articulación de conceptos y requerimientos para la implementación de un LR, especificando aspectos como diagramas, requerimientos por parte del cliente y el sistema, además de los perfiles de usuario y sus funciones dentro de un LR; de la misma manera se muestran ejemplos de aplicaciones para laboratorios remotos.

Por último, en el cuarto capítulo se mencionan tendencias vigentes en lo que tiene que ver con respecto a la actualidad de los LR. De igual manera se ofrecen líneas de trabajo a futuro que también se pueden implementar en LR, las cuales llevarían al mejoramiento del funcionamiento y aplicación de los mismos en la educación de los futuros profesionales.

# Contenido

INTRODUCCIÓN	19
1. LABORATORIOS REMOTOS .....	21
1.1 Modelos de Educación a Distancia y sus Características	26
1.2 Pautas Generales para proporcionar un aprendizaje efectivo en un Laboratorio Remoto	30
2. LABORATORIOS REMOTOS IMPLEMENTADOS	33
2.1 WebLab-Deust	35
2.2 Laboratorio de Experimentação Remota – UFSC	40
2.3 Laboratorio Remoto UNR	41
2.4 Laboratorios Remotos de la UNED, Proyecto AutomatL@bs	42
2.5 Laboratorio Remoto iLough-Lab	44
2.6 Laboratorio Remoto ACT	45
3. ARTICULACIÓN DE CONCEPTOS Y REQUERIMIENTOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN LABORATORIO REMOTO .....	51
3.1 Laboratorio Remoto y LabVIEW	63
3.2 Diagrama, flujo-grama, requerimientos no funcionales y perfiles de usuario de un Laboratorio Remoto	70
3.3 Aspectos desde el lado del cliente (estudiante y/o investigador) de un Laboratorio Remoto	77
3.4 Aspectos de seguridad informática en la implementación de un Laboratorio Remoto	82
Ejemplos de aplicaciones para laboratorios remotos	83
CONCLUSIONES, TENDENCIAS Y TRABAJO FUTURO .....	97
ANEXOS .....	105
Anexo I – Listado de Acrónimos y siglas	107
BIBLIOGRAFÍA .....	109

## Lista de Figuras

Figura 1. Diagrama Laboratorio Tradicional	24
Figura 2. Diagrama Laboratorio Remoto	24
Figura 3. Ejemplo LR de Circuitos Lógicos WebLab-Deusto	36
Figura 4. Arquitectura Distribuida WebLab-Deusto	37
Figura 5. Página Principal WebLab-Deusto	38
Figura 6. Laboratorio Remoto de Weblabdeusto a través de Facebook	39
Figura 7. Ejemplo de Laboratorio Remoto Universidad Federal Santa Catarina	40
Figura 8. Ejemplo de LR Universidad Nacional de Rosario, Argentina	41
Figura 9. Laboratorios Remotos UNED – eMersion	42
Figura 10. Proyecto AutomatL@bs	43
Figura 11. TriLab – iLough	44
Figura 12. Ejemplo Laboratorio iLough-Lab	45
Figura 13. Arquitectura Laboratorio Remoto ACT	46
Figura 14. Laboratorio Remoto ACT	46
Figura 15. Interfaz de Usuario del Laboratorio Remoto ACT	47
Figura 16. Campo Científico del Laboratorio Remoto	48
Figura 17. Tipos de Tecnología usada para las interfaces de usuario en los LR	49
Figura 18. Entorno Cliente - Servidor	53
Figura 19. Ejemplo Interfaz de usuario para Laboratorio Remoto	56
Figura 20. Ejemplo de Autenticación	57
Figura 21. Ejemplo Reservas	59
Figura 22. Modelo base de datos sencillo Laboratorio Remoto	59

Figura 23. Arquitectura Laboratorio Remoto	62
Figura 24. Diagramas a bloques programación LabVIEW	64
Figura 25. Panel Frontal de LabVIEW	65
Figura 26. Flujo de datos en forma de diagramas a bloques de LabVIEW	65
Figura 27. Selección de VI y opción de visualización	67
Figura 28. Selección de salida HTML – <i>Select HTML Output</i>	67
Figura 29. Selección de directorio para almacenamiento de VI	68
Figura 30. Servicios Web de LabVIEW - Servidor – Cliente	69
Figura 31. Equipo <i>Thin Client</i>	70
Figura 32. Diagrama diseño de laboratorio remoto	71
Figura 33. Conformación Guías de Laboratorios Remotos	72
Figura 34. Flujo-grama de ingreso a interfaz de usuario de un LR	73
Figura 35. Requerimientos no funcionales para la implementación de un LR	74
Figura 36. Diagrama de acciones usuarios Laboratorio Remoto	75
Figura 37. Instalación de aplicativo para visualización de LR en el usuario	77
Figura 38. Visualización y Tele-operación de un Laboratorio Remoto	78
Figura 39. Grafica tecnologías del lado del estudiante remoto	82
Figura 40. Riesgos informáticos en la implementación de un LR	83
Figura 41. Inicio de Software LabVIEW	84
Figura 42. Creación de nuevo proyecto en software LabVIEW	84
Figura 43. Agregando tarjetas y dispositivos a un proyecto	85
Figura 44. Seleccionando tarjetas y dispositivos para un proyecto	86
Figura 45. Generación de VI en posición equivocada	87

Figura 46. Generación de VI en tarjeta seleccionada para el proyecto	88
Figura 47. Panel de Control y Diagrama a Bloques	89
Figura 48. Crear un nuevo proyecto con CodeWarrior	90
Figura 49. Parámetros del Proyectos con CodeWarrior	90
Figura 50. Ajustes de Simulación con CodeWarrior	91
Figura 51. Ajustes de Estándares con CodeWarrior	92
Figura 52. Opciones de Ajustes Assembler HC12	92
Figura 53. Ingresando Código en CodeWarrior	93
Figura 54. Verificación de Información de Depuración “ <i>Debugging</i> ”	95
Figura 55. Compilar en CodeWarrior	95
Figura 56. Ejemplo Tendencia Laboratorio Remoto – Entorno Inmersivo	101
Figura 57. Ejemplo Tendencia Laboratorio Remoto - Entorno Inmersivo	102
Figura 58. Ejemplo Entorno Inmersivo en la Educación	102

### **Lista de Tablas**

Tabla 1. Modelos de Educación a Distancia	27
Tabla 2. Evolución de Arquitecturas de Laboratorios Remotos	63
Tabla 3. Análisis de las tecnologías del lado del estudiante remoto	79
Tabla 4. Promedios y valor-P para tecnologías del lado del estudiante remoto	81



# Introducción

El componente práctico es realmente importante en el proceso de enseñanza aprendizaje debido a que este permite que los fundamentos teóricos se afiancen logrando así la aprehensión de los conocimientos en cualquier área del saber. Uno de los elementos de la educación que más aporta al mencionado componente práctico son los laboratorios, el cual visto desde la óptica de la literatura de los años anteriores a los 90's y del sentido común, se define como un espacio o lugar físico el cual está equipado de dispositivos, instrumentos y elementos de medición donde se desarrollan actividades académicas y/o de investigación, pudiéndose o no acondicionar características de un entorno real de acuerdo al tipo de experimentación. Este tipo de laboratorio en la actualidad es llamado Laboratorios Tradicionales (LT).

Hoy en día, en la era digital en que la información es casi ubicua, donde los escenarios formativos que hacen uso de las TIC<sup>1</sup> han ido en aumento y las IES<sup>2</sup> que las han incorporados en sus proyectos, políticas, metas y estrategias institucionales, se hace importante la implementación de laboratorios remotos favoreciendo el establecimiento de horarios flexibles e ingresos desde cualquier lugar y en cualquier momento para la realización de prácticas.

Los Laboratorios Remotos como sistemas de teleoperación, es decir, manejo de dispositivos a distancia, se podrían ubicar por sus características en la cuarta o quinta generación de la educación a distancia, definidas por Taylor (2001) [1], en donde en resumen, la primera generación corresponde a la educación por correspondencia siendo la imprenta el principal actor de esta generación, en la que se presenta la ausencia de interacción de primera mano entre el docente y el estudiante; la segunda generación corresponde al modelo multimedia predominando las cintas de

---

1 TIC: Tecnologías de la Información y la Comunicación.

2 IES: Instituciones de Educación Superior. (En Colombia)

audio y de vídeo, así como el aprendizaje basado en computadoras; en la tercera generación hace su primera aparición las TIC con la tele y videoconferencia ofreciendo disponibilidad horaria, llamándose a esta generación el tele-aprendizaje. Para la cuarta y quinta generación aparecen modelos flexibles de aprendizaje que todavía están en desarrollo, en donde las aplicaciones para las mismas se encuentran en fase de crecimiento; igualmente en las mencionadas generaciones aparece la multimedia interactiva en línea con acceso a recursos y servicios a través de portales institucionales en Internet, ofreciendo distintas alternativas en torno al ritmo y metodología de aprendizaje, además de permitir procesos de evaluación más ajustados y precisos; diferencias iniciales entre estas dos últimas generaciones es que la quinta generación además de ofrecer un modelo flexible también es inteligente y su teoría de aprendizaje se podría mencionar que es un complemento entre el constructivismo y conectivismo, mencionando que las nuevas tendencias en el aprendizaje se encuentran alrededor del uso de herramientas tecnológicas y como estas definen u orientan el pensamiento; es decir, muchos de los procesos cognitivos actualmente pueden ser apoyados por la tecnología [2]. De esta manera, se puede mencionar que los LR presentan características de los principios del conectivismo donde el aprendizaje puede residir o ser transferido desde dispositivos no humanos y de implicaciones como el diseño y desarrollo de ambientes de aprendizaje [3].

Para la implementación de LR se debe realizar análisis de requerimientos desde varios puntos de vista, teniendo en cuenta los distintos elementos o participantes que intervienen en un LR. Como marco referencial de la mencionada implementación de un LR, en el cuerpo del libro se presentarán arquitecturas, características y tecnologías por parte del estudiante o investigador, características de los equipos y aspectos a tener en cuenta como la autenticación, reserva del laboratorio, interfaz de usuario y guías de laboratorio, así como requerimientos no funcionales, diagrama de acciones de usuario y aspectos de seguridad informática.

Como puede observarse, los LR están inmersos en el desarrollo conjunto de la tecnología y la educación participando en la implementación de las TIC en el ámbito educativo a nivel mundial.



## **Capítulo 1**

# **Laboratorios Remotos**



# 1. Laboratorios Remotos

La principal intención del tema de este libro es analizar los requerimientos a tener en cuenta para la implementación de un LR, así como las características de hardware y software que se deben cumplir para su correcto funcionamiento. Debido a esta razón no se profundiza acerca de la definición de este tipo de laboratorio; sin embargo, a continuación se referencian conceptos asociados a los LR enunciados por distintos autores.

Existen numerosas definiciones y teorías acerca de Laboratorios Remotos, algunas de estas generan confusión debido a los variados nombres que se les ha dado a lo largo de su desarrollo, entre los cuales se encuentran: laboratorio teleoperado, laboratorio colaborativo, laboratorio on-line, laboratorio Web y laboratorio virtual. Una definición básica y sencilla de un Laboratorio Remoto se puede enunciar de la siguiente manera: sistema a través del cual el estudiante o investigador puede acceder o teleoperar<sup>3</sup> desde un sitio remoto los dispositivos o equipos de laboratorio que se encuentran físicamente en la universidad o centro de investigaciones.

De acuerdo a Zamora (2010) [4], la implementación de un LR no implica reemplazo de los LT o de la infraestructura actual; los LR llegan a complementar la educación de los estudiantes incluyendo tecnología a su formación, además un diseño adecuado puede proporcionar: realización de experiencias remotas con equipos reales, es decir, tele-presencia en el laboratorio y análisis de datos experimentales reales con flexibilidad en el desarrollo del laboratorio debido a la posibilidad de elegir tiempo y lugar para su realización.

Un LR permite a los estudiantes desarrollar tareas o actividades de laboratorio a través de la red de redes utilizada para mayor intercambio de información a nivel mundial; es decir, a través de Internet sin estar cerca físicamente de los equipos de laboratorio.

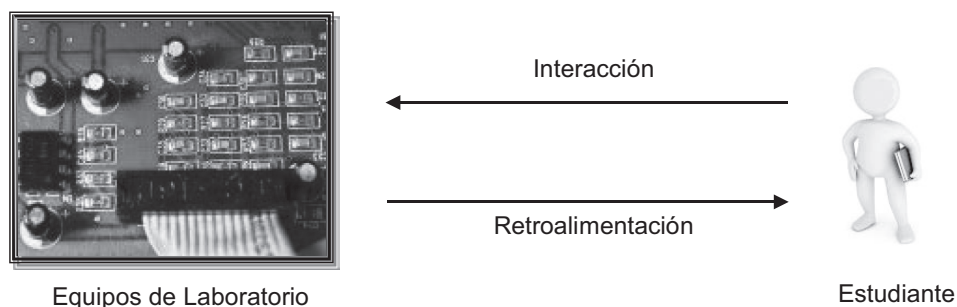
---

<sup>3</sup> Teleoperar: Operación a Distancia. Tele: Prefijo griego “distancia”

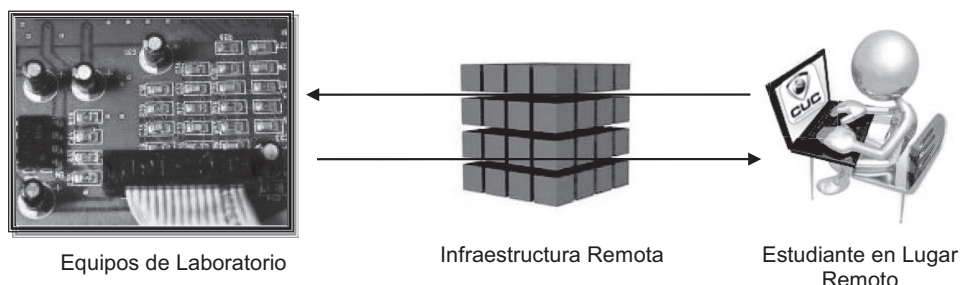
En un LT los estudiantes ejercen una interacción con los equipos de laboratorio mediante acciones físicas incluyendo manipulación directa con las manos, y como resultado se obtiene retroalimentación percibida fisiológicamente por los órganos de los sentidos como el del tacto, de la visión y del audio. En la figura 1, se ilustra este concepto.

En un LR dicha interacción se produce entre el estudiante en un lugar remoto y los equipos de laboratorio, a estos dos elementos (estudiantes y equipos de laboratorios) se le suma una nueva etapa de infraestructura remota, la cual es la encargada de hacer llegar las acciones del estudiante al laboratorio y enviar la información procedente de los equipos al estudiante. En la figura 2, se ilustra este concepto.

**Figura 1. Diagrama Laboratorio Tradicional**



**Figura 2. Diagrama Laboratorio Remoto**





Al tomarse como referencia Hoyer et al. (2001) [5], en aspectos relacionados con la tele-enseñanza, se estipula que para llevar a cabo la experimentación remota se requiere de los siguientes requisitos:

- *Telecontrol*: Es necesario para poder manipular a remoto el experimento.
- *Tele-presencia*: Es importante que si el estudiante está realizando el experimento por remoto tenga una sensación real del mismo. Mediante la transmisión de audio y vídeo el estudiante puede tener la sensación de que está físicamente presente en el experimento.
- *Recogida de datos*: Los datos del experimento se han de poder recoger de alguna forma y guardarlos en el servidor para ser accedidos y tratados por los estudiantes a posteriori.
- *Planificación*: Si se comparte un recurso entre diferentes estudiantes, deberá haber un sistema de planificación de acceso al recurso compartido.
- *Seguridad*: Un requisito importante es que el experimento debe ser controlado. No se debe permitir que los estudiantes por remoto puedan dañar las instalaciones o recursos que se están utilizando en la experimentación.
- *Comunicación síncrona*: La comunicación síncrona es necesaria para el telecontrol del experimento. Entre las técnicas existentes de comunicación síncrona cabe destacar: el chat o la videoconferencia. Habrá técnicas de comunicación síncrona que no serán factibles en entornos del hogar debido al gran ancho de banda que consumen.
- *Entorno colaborativo*: El entorno colaborativo virtual facilita la comunicación entre los estudiantes que estén separados dentro de un geográficamente. La tecnología que hay detrás de cualquier herramienta de colaboración síncrona es un mecanismo que permite a un usuario mandar actualizaciones a otros usuarios acerca de las interacciones que se han realizado en el entorno colaborativo. Los componentes del grupo necesitan tener la misma vista del experimento en tiempo real.

- *Entorno de realidad virtual multiusuario para un laboratorio remoto:* Se plantea un sistema para poder realizar experimentos de forma remota. La comunicación entre el estudiante y el experimento se realiza en su totalidad a través de la WWW, donde la interfaz para el estudiante será un navegador *web*. Este provee una plataforma para la transmisión de información así como un entorno para la ejecución de software cliente. El servidor *web* es la interfaz entre el usuario y el experimento.
- *Gestión de acceso:* Mediante el sistema de gestión de acceso se lleva un control de las reservas por parte de los estudiantes de cita para utilizar los recursos del laboratorio. Este sistema tendrá dos interfaces: interfaz de administrador e interfaz de estudiante. La interfaz de administrador sirve para crear y borrar cuentas, controlar los accesos, los tiempos de acceso, entre otros.
- *Interfaz con el experimento:* Cuando llega el día del experimento, el estudiante se conecta al servidor con el navegador web y este carga la página web del experimento. De manera opcional se puede ver y escuchar en tiempo real y con imágenes y sonidos reales lo que está pasando en el laboratorio donde se realiza el experimento, de manera que muestre sensación de presencia. Para empezar el experimento es necesario que el estudiante se autentique en el sistema. Una vez se ha autenticado y entrado en el sistema, empieza el experimento. Toda la información respecto a la práctica se transfiere mediante una conexión TCP/IP.
- *Visualización de los resultados:* Mientras se está realizando el experimento toda la información que se manda desde/hacia el servidor es almacenada en un fichero ASCII en el propio servidor. Después los estudiantes pueden recuperar esta información para su posterior tratamiento o análisis de los resultados.

## 1.1 Modelos de Educación a Distancia y sus Características

Los LR como elementos conformadores de las nuevas generaciones de la educación (como se mencionó en párrafos anteriores), están inmersos en modelos flexibles y tecnologías distribuidas, como las conformadas por la cuarta y quinta generación. A continuación se

ilustran las generaciones especificadas por Taylor (2001) [1], que hacen parte de los modelos de la educación a distancia. Adaptando las mencionadas generaciones y/o realizando un enlace con los LR se tiene como resultado la siguiente Tabla.

**Tabla I.**

**Modelos de Educación a Distancia**

Modelos de Educación a Distancia y Tecnologías de Distribución Relacionadas	Flexibilidad	Materiales de alta calidad	Entrega avanzada e interactiva	Costos variables aprox. a cero	Entorno Colaborativo
	Tiempo - Lugar - Ritmo				
1° Generación El Modelo de Correspondencia	Conductista				
Impreso	si	si	no	no	No
2° Generación El Modelo Multimedia	Cognitivista				
Impreso	si	si	no	no	no
Cintas de Audio	si	si	no	no	no
Cintas de Video	si	si	no	no	no
Aprendizaje basado en PC	si	si	si	no	no
Video Interactivo (disco y cintas)	si	si	si	no	no
3° Generación El Modelo de Tele-aprendizaje	Constructivista				
Audio-Teleconferencia	no	no	si	no	si
Videoconferencia	no	no	si	no	si
Comunicación Audiográfica	no	si	si	no	no
Transmisión de Radio/TV	no	si	si	no	no

Cont...

... sigue

<b>4° Generación</b> <b>El Modelo Flexible de Aprendizaje (1° Generación de Laboratorios Remotos)</b>	<b>Constructivista</b>				
*Multimedia Interactiva en línea	si	si	si	si	si
*Acceso a recursos a través de Internet	si	si	si	si	si
*Pc's mediados a través de la comunicación	si	si	si	no	no
*Acceso a equipos o recursos tecnológicos de laboratorio	si	si	si	si	no
<b>5° Generación</b> <b>El Modelo Inteligente y Flexible de Aprendizaje (2° Generación de Laboratorios Remotos)</b>	<b>Constructivista - Conectivista</b>				
*Multimedia Interactiva en línea	si	si	si	si	si
*Acceso a recursos a través de Internet	si	si	si	si	si
*Uso de sistemas de auto-respuesta con Pc's mediados a través de la comunicación	si	si	si	si	si
*Acceso a servicios y recursos a través de un Portal Institucional	si	si	si	si	si
*Acceso a equipos o recursos tecnológicos de laboratorio de forma colaborativa	si	si	si	si	si

\*Características asociadas a un Laboratorio Remoto

Al analizar la Tabla 1, se observan algunas características con un asterisco (\*) adelante para indicar que están asociadas a particularidades propias de un LR, es de notar que las mismas se encuentran en su mayoría en la 4° y 5° generación de los modelos de educación a distancia, a las cuales se les podrían asociar respectivamente dos generaciones iniciales de LR, en donde la primera estaría asociada a un primer acercamiento de acceso y teleoperación de equipos o recursos tecnológicos de un laboratorio físico o real mediante una plataforma principalmente web y visualización y/o retroalimentación del fenómeno o experimento remoto realizado a través de una cámara ubicada en el sitio remoto, con la particularidad de que el estudiante o investigador trabaja de forma individual solo teniendo contacto con los recursos o guías ofrecidas por el sistema; en este caso se podría hablar de educación constructivista donde se construye conocimiento a través de la aplicación de conceptos teóricos en el LR.

Una segunda generación de LR emerge cuando aparece la colaboración o entornos colaborativos entre distintos actores; es decir, la colaboración en LR se puede observar desde varios puntos de vista como son: un sitio accedido remotamente por un solo estudiante o investigador pero al cual pueden tener acceso varias universidades o centros de investigación teniendo en cuenta un cronograma establecido; en este caso es una colaboración en el ámbito de compartir recursos tecnológicos logrando de esta manera optimizar el uso de los equipos del laboratorio; otro punto de vista de colaboración es en el sentido del desarrollo del LR en sí, es decir, en la misma plataforma de teleoperación pero desde distintos lugares varios estudiantes o investigadores trabajando de forma colaborativa en el LR, se especifica que en la actualidad este segundo tipo de colaboración en LR son entornos nacientes y que están en desarrollo.

## 1.2 Pautas generales para proporcionar un aprendizaje efectivo en un LR

Además de los requisitos mencionados, a continuación se definen algunas pautas generales adaptadas de Arango et al. (2007) [6] para proporcionar un aprendizaje efectivo en la implementación de LR, como: Aprendizaje en contexto, aprendizaje orientado a objetivos, retos y capacidades coherentes, experiencia significativa, aprendizaje exploratorio y retroalimentación.

- *Aprendizaje en contexto*: El aprendizaje en un LR debe estar contextualizado de tal forma para que éste tenga sentido para los estudiantes remotos. Los escenarios o entornos del LR deben ser desarrollados con el fin de transmitir la esencia del tema estudiado.
- *Aprendizaje orientado a objetivos*: Toda experimentación en el LR debe tener claramente definidos los objetivos de aprendizaje, representando de manera correcta los modelos teóricos estudiados previamente por los estudiantes remotos.
- *Retos y capacidades coherentes*: Los retos o niveles de complejidad en las experimentaciones de los LR deben ser coherentes con las capacidades de los estudiantes remotos; entendiendo como retos, las distintas situaciones que se pueden presentar, como: seguimiento adecuado de instrucciones, interacción y manipulación de equipos de laboratorio, trabajo colaborativo con otros estudiantes e instructor y análisis e interpretación de resultados.
- *Experiencia significativa*: Todo el entorno y acciones dentro un LR deben tener un efecto significativo sobre las experiencias realizadas por el estudiante remoto. Se obtiene una mejor experiencia significativa cuando el estudiante entiende y comprende las razones de los pasos a seguir en el laboratorio.

- *Aprendizaje exploratorio*: La implementación de un LR donde el estudiante remoto deba tomar decisiones de una cierta variedad de opciones posibles y enfrentar consecuencias de la decisión tomada, genera un modo de aprendizaje exploratorio.
- *Retroalimentación*: En el desarrollo de un LR por parte de un estudiante remoto con retroalimentación por el trabajo realizado, se obtiene motivación y compromiso generando una mejor experiencia mejorando de esta manera el desempeño del estudiante.

Como se mostrará en el segundo capítulo del libro, se han presentado muchas soluciones o formas diferentes de implementación de LR de varias universidades alrededor del mundo, mostrando una situación no homogénea alrededor del tema, pero aun así es posible mencionar componentes o escenarios típicos homogéneos en cada uno de estos, como los especificados por Gomes y Bogosyan (2009) [7], los cuales se enuncian a continuación y son abordados en profundidad en los capítulos que se verán más adelante.

- Dispositivos y equipos con los cuales se permita realizar control y tele-operación, así como adquisición de resultados.
- Servidor de LR que permita seguimiento y control del experimento.
- Equipos y/o interfaces que permitan la interconexión entre los estudiantes remotos y el laboratorio; soluciones que van desde servidores web sencillos que incluye una pequeña descripción del experimento y materiales de aprendizaje hasta sistemas más completos que incluyen LMS<sup>4</sup> con manejo y autenticación de usuarios, sistema de reservas para el uso adecuado de los experimentos y estadísticas de uso.
- Cámara web que permite obtener al estudiante remoto una retroalimentación audiovisual del experimento en desarrollo.

---

<sup>4</sup> LMS: Learning Management System, Sistema de Gestión de Aprendizaje.

- Herramientas de colaboración que permite entre otras características tener audio, vídeo y comunicaciones entre los usuarios.
- Estaciones de trabajo en el sitio remoto que permiten a los estudiantes o investigadores tener acceso a los recursos asociados y tele-operar los equipos, teniendo en cuenta que para cada tipo de LR se pueden necesitar o no, descargas de programas de cliente o instalación de complementos informáticos “*plugins*” para poder acceder de forma adecuada a los experimentos.



## Capítulo 2

# Laboratorios Remotos Implementados



## 2. Laboratorios Remotos Implementados

A continuación se sintetizarán algunos Laboratorios Remotos implementados a nivel mundial; en cada uno de ellos se utilizan distintas tecnologías, plataformas y protocolos; lo cual muestra que cada una de las universidades, centro de investigación o investigadores han utilizado distintas plataformas o formas de puesta en marcha de los LR, con lo cual se podría mencionar que no existe un procedimiento estandarizado para su desarrollo, de ahí la importancia de realizar un análisis de requerimientos para la implementación de LR.

Se especifica que los LR que se mostrarán a continuación no hacen parte de una clasificación con respecto a alguna característica, pero si es una presentación de la descripción de algunos de los LR actualmente disponibles, laboratorios que siguen creciendo alrededor del mundo.

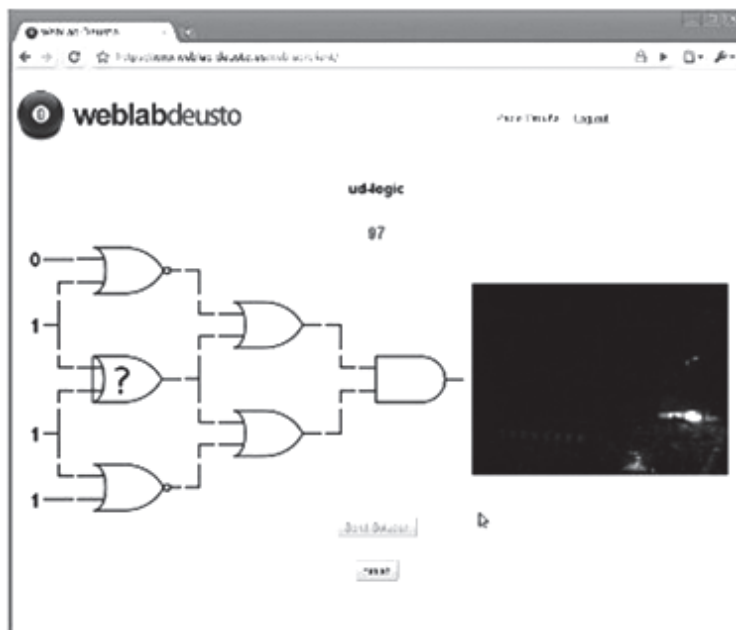
### 2.1 WebLab-Deusto

Es un Laboratorio Remoto distribuido escalable basado en web, independiente del experimento, que ha estado en continuo desarrollo en la Universidad de Deusto, que tiene campus ubicados en Bilbao y San Sebastián España, al cual se puede acceder desde <https://weblab.deusto.es/weblab> [8]; ofrece experimentos reales que pueden ser accedidos y utilizados por los usuarios a través de Internet, quienes obtienen unos resultados exactamente iguales a los obtenidos en un laboratorio tradicional. Algunos de sus laboratorios remotos ofrecidos son: FPGA (*Field Programmable Gate Array*), CPLD (*Complex Programmable Logic Device*) y Microcontroladores

PIC. WebLab-Deusto también es un grupo de investigación llamado WebLab-Deusto Research Group, donde su enfoque está direccionado hacia la experimentación remota.

Algunas de las características que manejan los Laboratorios Remotos de WebLab-Deusto son: Interfaz de usuario, autenticación, gestión de turnos, escalabilidad, seguridad, registro y seguimiento de usuarios, panel de administración. En la figura 3, se muestra un ejemplo de laboratorio remoto de circuitos lógicos de WebLab-Deusto.

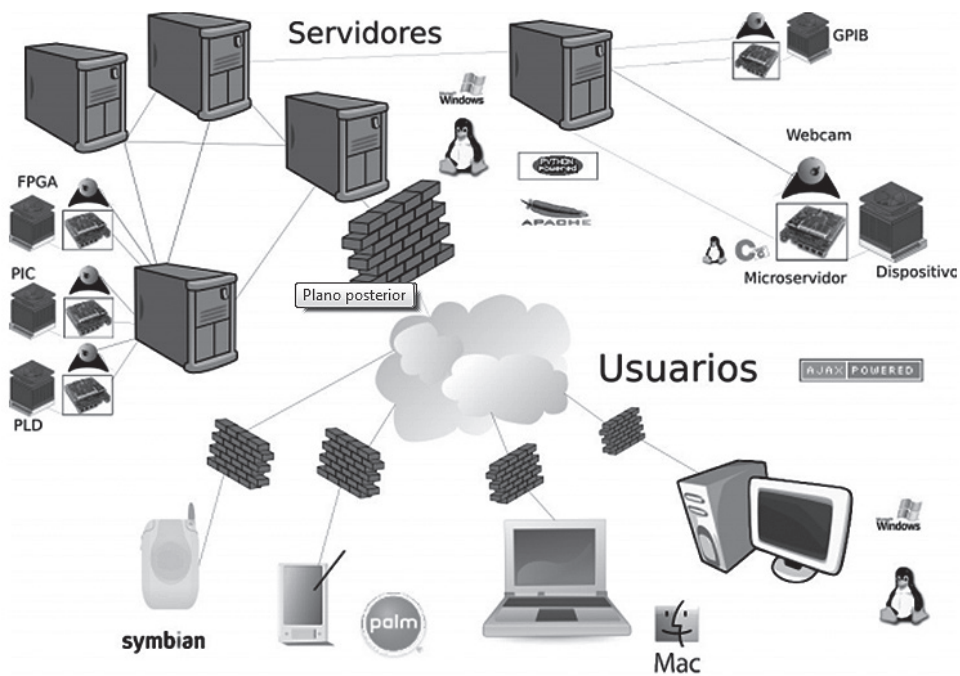
**Figura 3. Ejemplo LR de Circuitos Lógicos WebLab-Deusto**



Fuente: WebLab-Deusto

Después, en la figura 4, se muestra una arquitectura utilizada por WebLab-Deusto, en la cual los usuarios pueden estar accediendo desde distintos equipos informáticos, como son: computadores de escritorio, portátiles y equipos móviles, donde cada uno de ellos puede manejar distintos sistemas operativos o plataformas y del lado de la Universidad se encuentran varios servidores manejando todos los servicios del LR.

**Figura 4. Arquitectura Distribuida WebLab-Deusto**



Fuente: J. García-Zubía (2008) [9]. “Estrategias de Diseño de Laboratorios Remotos”

En la figura 5, se puede observar la página principal del LR de la Universidad de Deusto; WebLab-Deusto, en donde el usuario final (estudiante o investigador) tiene acceso a los distintos experimentos ingresando su nombre de usuario o *username* y su contraseña o *password*, así mismo se observa un enlace a una de las redes sociales con más usuarios a nivel mundial, Facebook; desde la cual también se puede acceder al laboratorio y realizar las actividades prácticas propuestas, en la Figura 6, se muestra un ejemplo de realización de práctica de Laboratorio Remoto de WebLab-Deusto a través de la red social Facebook.

**Figura 5. Página Principal WebLab-Deusto**

The screenshot displays the WebLab-Deusto website interface. At the top, the browser address bar shows the URL <https://www.weblab.deusto.es/weblab/client/>. The header features the WebLab-Deusto logo and the Universidad de Deusto logo. The main content area includes a 'Log in' section with fields for 'Username:' and 'Password:', and a 'Log in' button. Below this, there is a section for 'Don't have an account? Create one through Facebook' with a 'Create an account' button. At the bottom right, there is an 'Administration Panel' link. On the left side, there are three sections: 'Support' with a key icon and contact information, 'Demo' with a computer icon and a link to demo experiments, and 'Mobile' with a smartphone icon and a link to the mobile version. A Facebook social media widget is also present, showing the WebLab-Deusto Facebook page with a 'Me gusta' button and a list of users who like the page.

Fuente: WebLab-Deusto

Figura 6. Laboratorio Remoto de WebLab-Deusto a través de Facebook

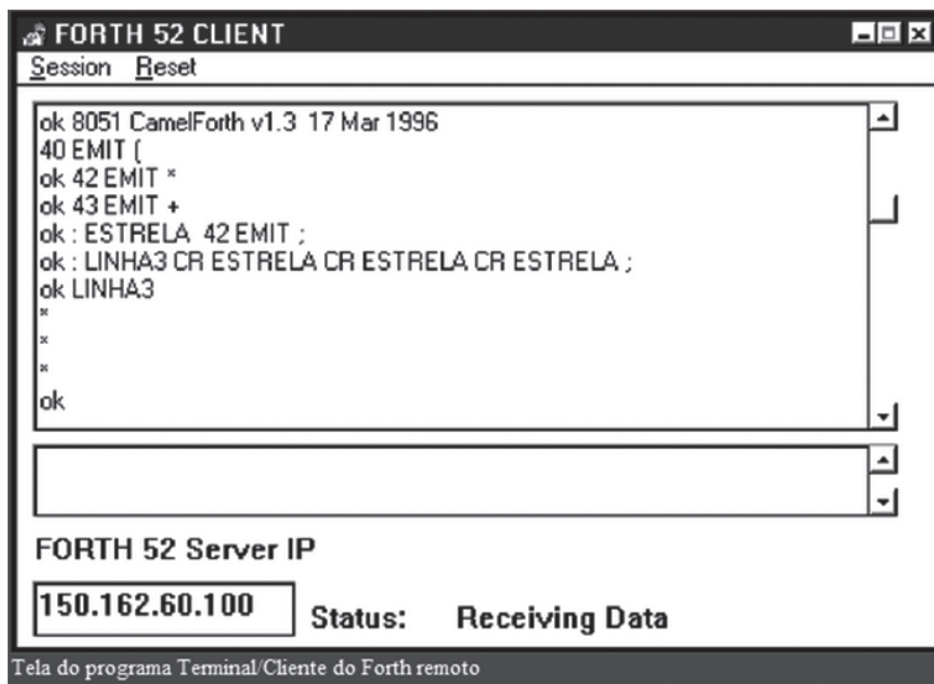


Fuente: WebLab-Deusto – Facebook

## 2.2 Laboratorio de Experimentação Remota – UFSC

El LR de la Universidad Federal de Santa Catarina y su Departamento de Informática y Estadística en Brasil, tiene como objetivo principal ampliar la gama de uso de Internet con la experimentación a distancia, proporcionando interacción con el mundo físico, permitiendo a los estudiantes el acceso a recursos escasos, con laboratorios prácticos que se pueden realizar en cualquier lugar y a cualquier hora, al cual se puede acceder desde <http://www.inf.ufsc.br/~jbosco/frame3.htm> [10]. En la figura 7, se muestra un ejemplo de laboratorio de experimentación remota de la UFSC (Universidad Federal Santa Catarina).

Figura 7. Ejemplo de Laboratorio Remoto Universidad Federal Santa Catarina.



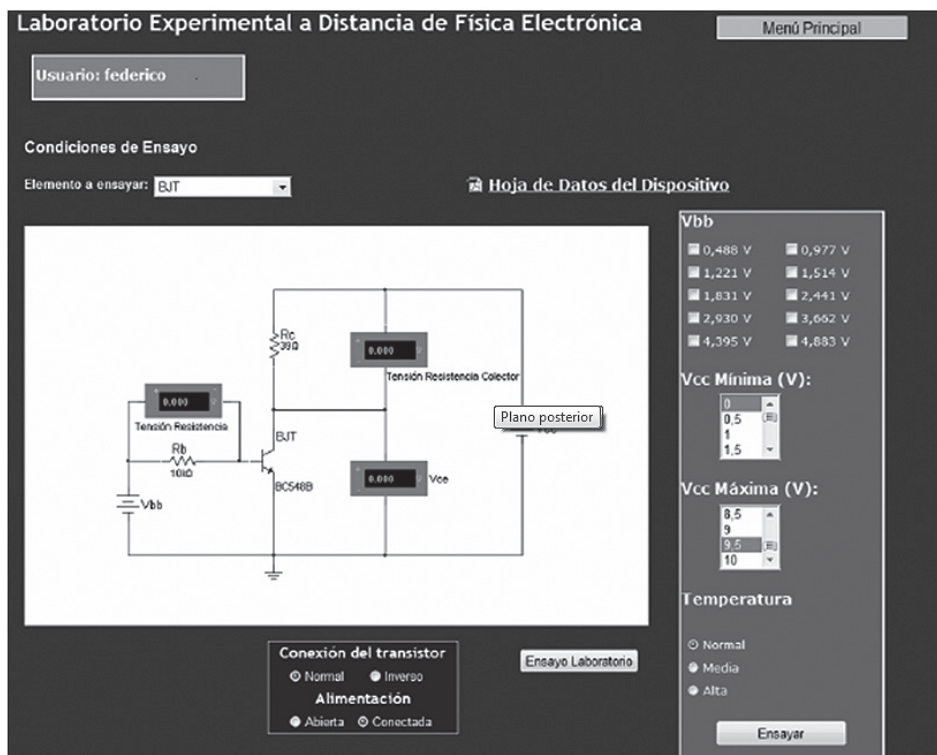
Fuente: UFSC



## 2.3 Laboratorio Remoto UNR

El LR de la Universidad Nacional de Rosario y su Departamento de Educación a Distancia en Argentina, está enmarcado en el desarrollo de aprendizajes significativos en el área de dispositivos electrónicos básicos, al cual se puede acceder desde <http://labremf4a.fceia.unr.edu.ar/> [11]. En este Laboratorio Remoto a nivel de hardware se utiliza una placa de adquisición de datos de National Instruments y a nivel de software se utiliza como servidor web una plataforma .Net y aplicaciones en Visual Studio. En la figura 8, se muestra un ejemplo de LR correspondiente a un transistor bipolar.

Figura 8. Ejemplo de LR Universidad Nacional de Rosario, Argentina



Fuente: S. Marchisio et al. F. Lerro, O. Von Pamel (2010) [12]. "Empleo de un Laboratorio Remoto para promover aprendizajes significativos en la enseñanza de los dispositivos electrónicos". Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación

## 2.4 Laboratorios Remotos de la UNED, Proyecto AutomatL@bs

Los LR de la UNED (Universidad Nacional de Educación a Distancia), España, están a la vanguardia en la implementación de nuevos sistemas de enseñanza práctica. Con la implementación de sus laboratorios remotos es posible realizar prácticas de ingeniería desde cualquier lugar a través de Internet. El factor diferenciador e innovador en la implementación de los LR en la UNED, ha sido en primera instancia la integración de los distintos LR locales (de la misma universidad) en una misma plataforma, llamada eMersion, donde se tiene la misma interfaz, sistemas de reservar y autenticación, a los cuales se puede acceder desde <http://lab.dia.uned.es/rlab/index.html> [13]. En la Figura 9, se muestra la integración de sistemas de laboratorios remotos en la plataforma eMersion de la UNED.

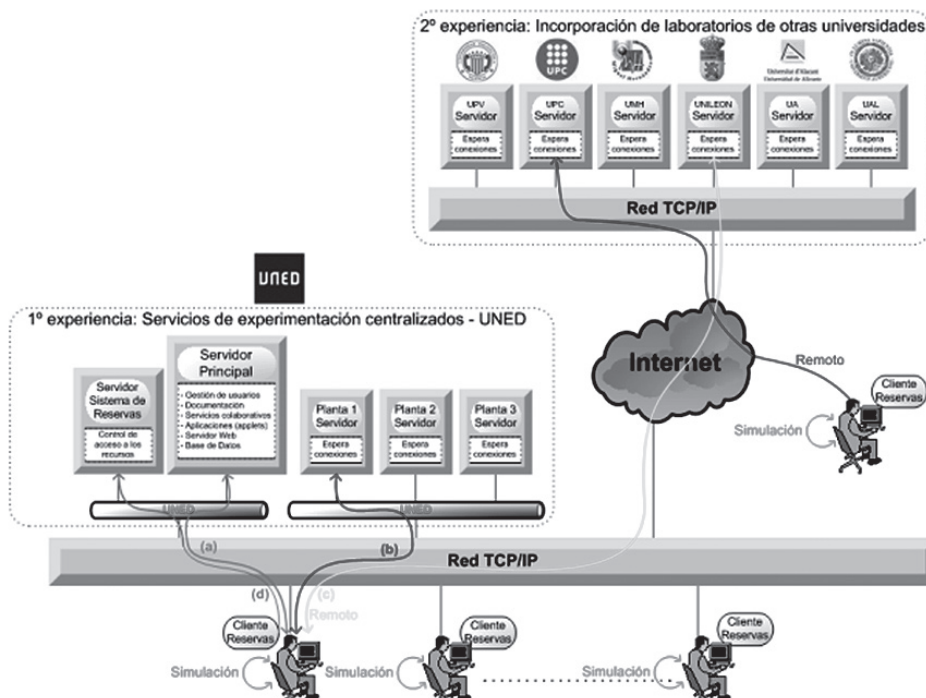
Figura 9. Laboratorios Remotos UNED – eMersion



Fuente: Plataforma eMersion – UNED

Y en segunda instancia la integración o incorporación de otras universidades al sistema de prestación de servicios de experimentación virtual y remota de la UNED, llamado proyecto AutomatL@bs accesible desde <http://lab.dia.uned.es/automatlab/> [14], el cual es una experiencia interuniversitaria en donde siete universidades de España (Universidad Nacional de Educación a Distancia - UNED, Universidad de Alicante - UA, Universidad de Almería - UAL, Universidad Politécnica de Valencia - UPV, Universidad Politécnica de Catalunya - UPC, Universidad Miguel Hernández - UMH, Universidad de León - UL) han integrado sus aplicaciones de experimentación en línea impulsando la investigación y el trabajo colaborativo entre universidades [15]. En la Figura 10, se muestra la infraestructura de red y servicios web del proyecto AutomatL@bs.

**Figura 10. Proyecto AutomatL@bs**



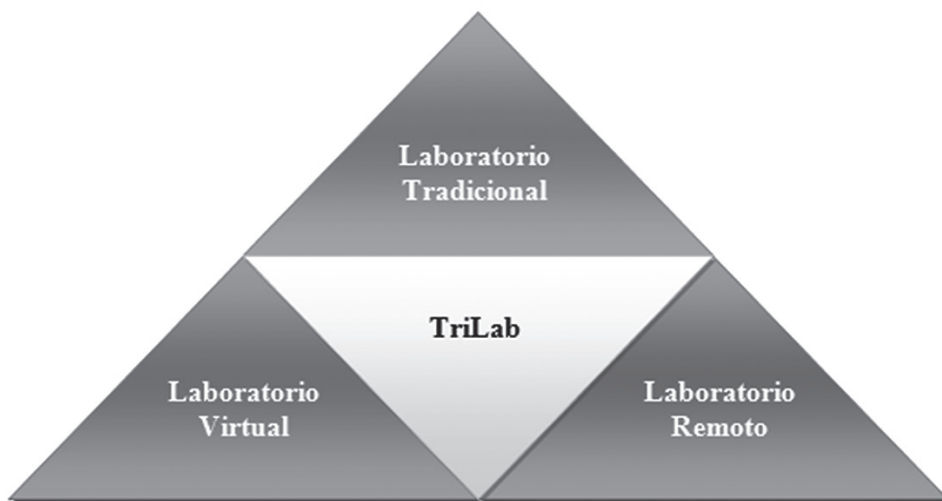
Fuente: H. Vargas, J. Sánchez, S. Dormido. "Proyecto AutomatL@bs: Red Interuniversitaria de Laboratorios de Control Automático a través de Internet"

En la implementación del lado del servidor en el proyecto AutomatL@bs, se utiliza el software LabVIEW, el cual es un entorno de desarrollo gráfico muy poderoso, creado por National Instruments (NI), empresa que también ha diseñado tarjetas de adquisición que de igual manera son utilizadas en el desarrollo de Laboratorios Remotos.

## 2.5 Laboratorio Remoto iLough-Lab

Es un LR de la Universidad de Loughborough, Reino Unido, que combina tres tipos de laboratorios utilizados en la educación (Laboratorio práctico o Laboratorio tradicional, Laboratorio Virtual, Laboratorio Remoto), modalidad híbrida llamada TriLab, como se muestra en la Figura 11, al cual se puede acceder desde <http://www.ilough-lab.com> [16].

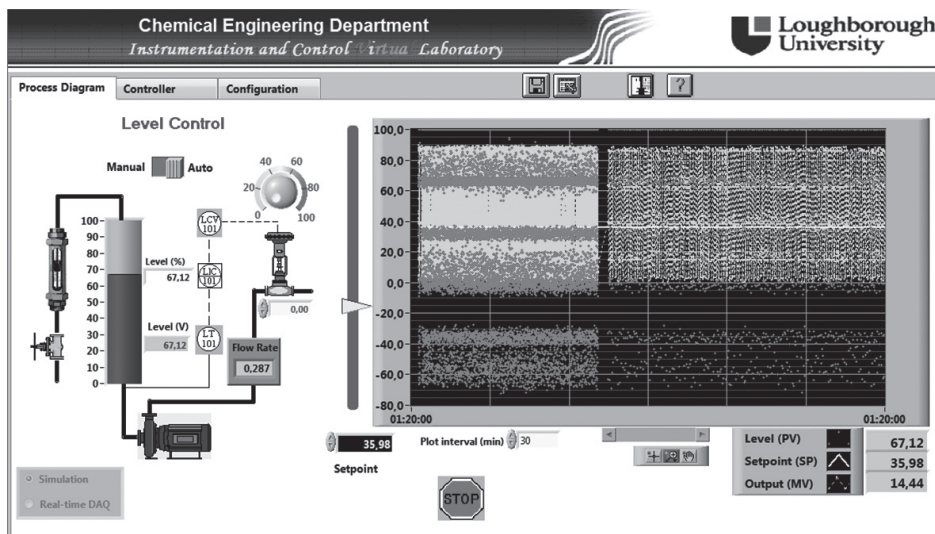
**Figura 11. TriLab – iLough**



Fuente: iLough-Lab

En la Figura 12, se puede observar un ejemplo de uno de los tipos de laboratorio que hacen parte de TriLab utilizado en iLough-Lab.

**Figura 12. Ejemplo Laboratorio iLough-Lab**

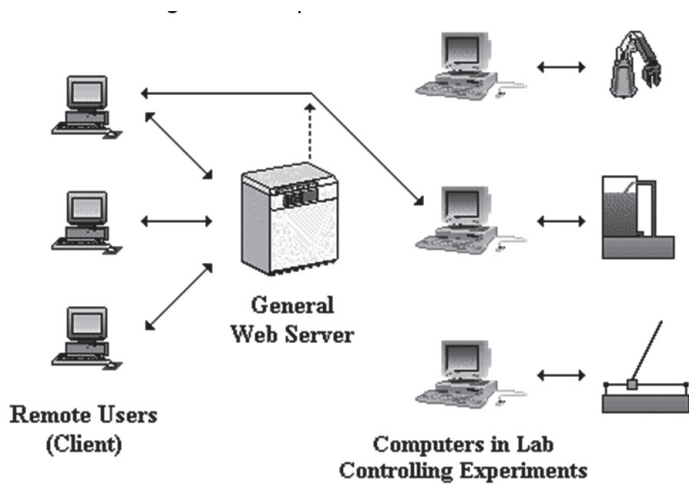


Fuente: iLough-Lab

## 2.6 Laboratorio Remoto ACT

Es un LR de la Universidad de Siena, Italia, adscrito al Departamento de Ingeniería de la Información. ACT viene de la sigla *Automatic Control Telelab*. Este laboratorio hace énfasis en el concepto de que una teleoperación y visualización remota agrega valor si es realizada en tiempo real y, además, se puedan obtener datos del sistema, para ser interpretados por los usuarios remotos, al cual se puede acceder desde <http://act.dii.unisi.it/home.php> [17]. En la Figura 13, se muestra la arquitectura del Laboratorio Remoto ACT.

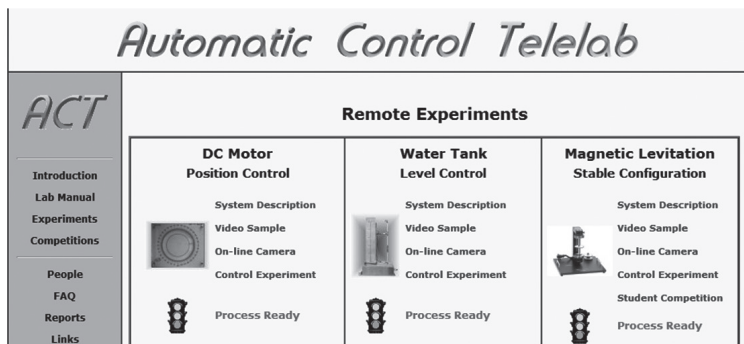
Figura 13. Arquitectura Laboratorio Remoto ACT



Fuente: *Automatic Control Telelab*

En la figura anterior se puede observar que en este LR, se manejan distintos tipos de laboratorios sobre la misma arquitectura, y en la figura 14, se muestran varios de los experimentos manejados por este LR, lo cual confirma la flexibilidad de dicha arquitectura.

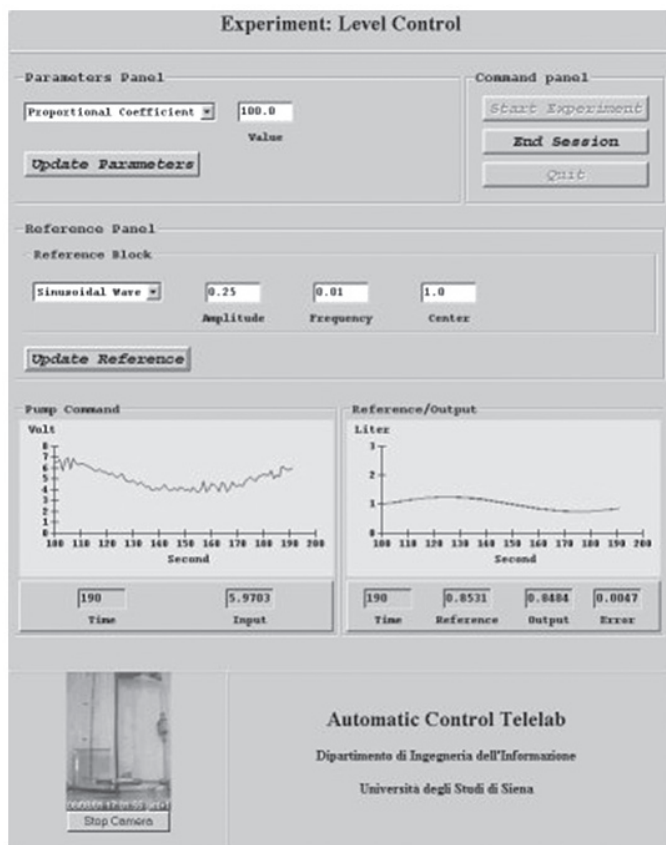
Figura 14. Laboratorio Remoto ACT



Fuente: *Automatic Control Telelab*

La interfaz de usuario del Laboratorio Remoto ACT (Automatic Control Telelab), se encuentra dividido en cinco partes: 1. El panel de comandos para iniciar o finalizar el experimento; 2. El panel de controles de parámetros con el cual el estudiante o investigador interactúa con el laboratorio modificando valores al experimento estudiando; 3. El panel de referencia, donde se pueden observar valores y tomar decisiones entre varias opciones; 4. Ventana dinámica del experimento que muestra resultados de salida del proceso del experimento; 5. Ventana de vídeo en vivo. En la figura 15, se ilustra la interfaz de usuario mencionada.

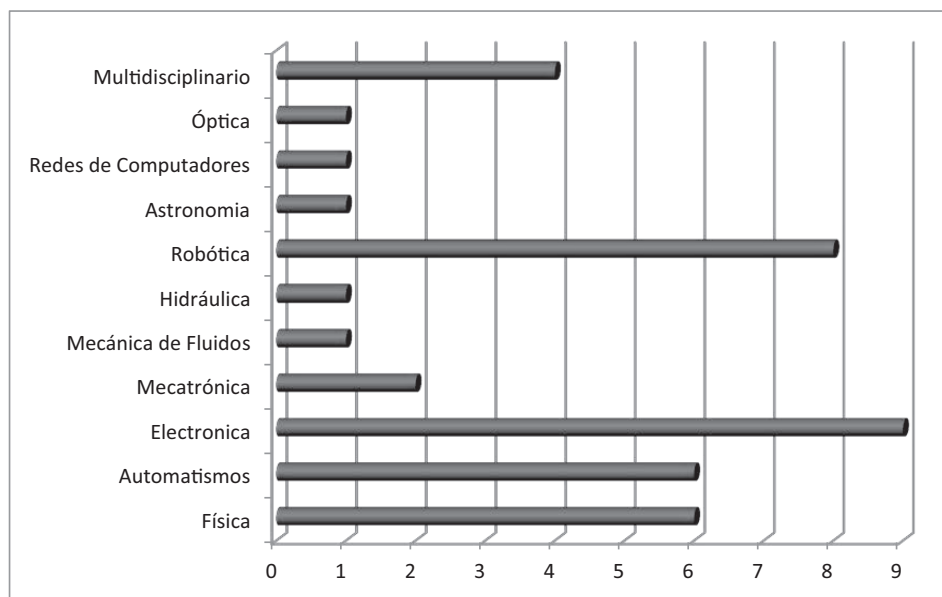
**Figura 15. Interfaz de Usuario del Laboratorio Remoto ACT**



Fuente: *Automatic Control Telelab*

De los ejemplos anteriores se puede concluir que los laboratorios remotos están siendo implementados en diferentes áreas del saber o campos científicos y adicionalmente con variados dispositivos a teleoperar, debido a que los investigadores, docentes e instituciones de educación superior que están construyendo laboratorios remotos básicamente pertenecen a diferentes áreas científicas. Basándose en los campos científicos en los que se están desarrollando los Laboratorios Remotos de acuerdo a Gravier et al. (2008) [18], en la figura 16, se puede observar que los LR en la actualidad son desarrollados para aquellos experimentos donde dispositivos o herramientas puedan ser controlados u operados utilizando un computador, pero no sesgado a una sola disciplina.

**Figura 16. Campo Científico del Laboratorio Remoto**

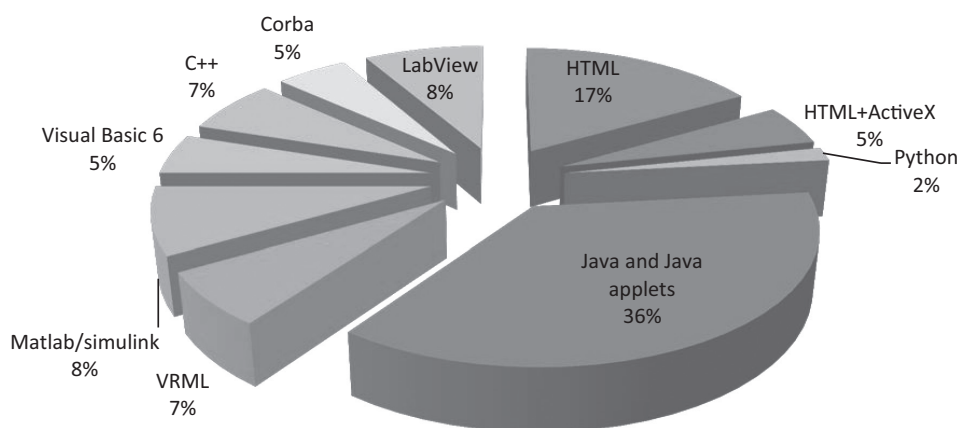


Fuente: Gravier et al. (2008)



De la misma manera de acuerdo a Gravier et al (2008), en la figura 17, se muestra un gráfico circular el cual indica la contribución del tipo de tecnología usada para las interfaces de usuario en los LR. En dicha figura se observa que se utilizan variadas y diferentes tecnologías, lo cual podría ir en contra de la estandarización en la implementación de los LR y de la reutilización de los mismos en campos científicos diferentes.

**Figura 17. Tipos de Tecnología usada para las interfaces de usuario en los LR**



Fuente: Gravier et al. (2008)



## Capítulo 3

# **Articulación de Conceptos y Requerimientos para la Implementación de un Laboratorio Remoto**

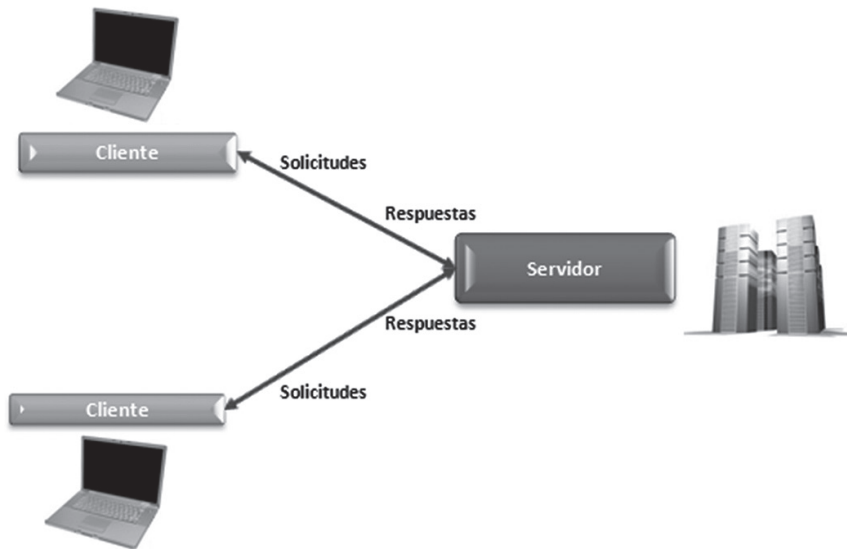


### 3. Articulación de conceptos y requerimientos para la implementación de un LR

Esta parte es importante debido a que permite conocer cuáles son los requerimientos necesarios que se deben tener en cuenta para la implementación de un LR desde distintos puntos de vista, por ejemplo: tecnológico y pedagógico.

La arquitectura de implementación más sencilla de un Laboratorio Remoto es aquella basada en un entorno cliente-servidor, en la cual los estudiantes desde un sitio remoto gestionan los servicios de los equipos de laboratorio a manipular utilizando plataformas o software de acceso. A continuación en la figura 18 se muestra un entorno cliente-servidor.

**Figura 18. Entorno Cliente - Servidor**



El lado del “cliente” conformado por estudiantes remotos, quienes presentan características diferentes a las de un estudiante presencial tradicional, deben tener distintas particularidades en el ámbito de los laboratorios remotos como:

- Manejo previo de los temas a tratar y de las herramientas a utilizar a lo largo del desarrollo del LR.
- Llevar a cabo todas las indicaciones y procedimientos consignados en el cronograma y guías disponibles en el servidor remoto del LR.
- Capacidad de desarrollo y construcción de conocimiento de forma autónoma además de habilidad de experimentación analítica.
- Habilidad para adoptar de forma oportuna las herramientas tecnológicas necesarias para el desarrollo de un LR.
- Disposición y capacidad de trabajo colaborativo en línea y habilidad para comunicar posibles inconvenientes a pesar de la falta de presencia física en el laboratorio.

De la misma manera es necesario caracterizar los equipos y/o tecnologías a utilizar por parte del estudiante (de acuerdo a la arquitectura de la Figura 18, en el lado del cliente), y sus particularidades deben tener las plataformas que serán instaladas o que funcionarán sobre los equipos del cliente en el uso de un LR. Referenciando a García-Zubía (2007) [19], las características son:

- *Flexibilidad*: aplicaciones desarrolladas con capacidad para trabajar bajo diferentes entornos.
- *Instalación requerida*: requerimientos de la aplicación de instalaciones adicionales de complementos informáticos “*plugins*” o drivers.

- *Aplicación intrusiva*: privilegios de acceso a software o hardware remoto, así como autorizaciones de acceso a equipos del lado del cliente.
- *Multiplataforma*: funcionamiento adecuado de las aplicaciones o plataforma sobre los distintos sistemas operativos existentes.
- *Ancho de banda*: adecuado tráfico de datos para un funcionamiento óptimo de las aplicaciones remotas.
- *Normalización o Estandarización*: aplicaciones desarrolladas sobre estándares previamente establecido o utilización de protocolos propietarios.
- *Audio y vídeo*: Posibilidad de uso de audio y video por las aplicaciones remotas.
- *Proveedores*: viabilidad de hacer uso de aplicaciones de diferentes fabricantes.

Del lado del “Servidor”, el cual puede estar constituido, entre otros por servidores Web, de laboratorio y de base de datos, es deseable que cumplan con ciertas características para un buen desempeño del LR, las cuales, tomando como referencia a Riman (2011) [20], se mencionan a continuación:

- ❖ *Interfaz de usuario*: Entorno que permite la comunicación entre el estudiante remoto y la experiencia de Laboratorio Remoto a desarrollar, con características multiusuario y preferiblemente con herramientas colaborativas que faciliten el intercambio de información mediante un navegador web que debe permitir:
  - a. *Gestión de acceso*: Distintos de niveles de seguridad y diferentes tipos de usuario para el acceso a la plataforma, ejemplo: administrador o docente; para gestión, creación y borrado de cuentas, además de control de tiempos de acceso y modificaciones pertinentes en la información de los experimentos a realizar.

- b. *Módulos de usuario*: \*Plataforma modular para facilitar al estudiante remoto su registro e identificación con usuario “username” y contraseña “password”, \*Reservación de cupos disponibles de acuerdo a agenda del LR, \*Verificación de conocimientos previos referentes a las prácticas a desarrollar, \*Análisis de datos y resultados; \*Envío de informes utilizando la plataforma.

En la Figura 19 se muestra un ejemplo de Interfaz de usuario para LR.

**Figura 19. Ejemplo Interfaz de usuario para Laboratorio Remoto**




- ❖ *Autenticación*: Tomando como referencia la protección del LR, la autenticación es una característica de gran importancia teniendo en cuenta que una adecuada configuración del acceso de los usuarios registrados permite obtener una disminución en los niveles de riesgos de seguridad en el servidor; logrando con esto evitar posibles riesgos como los que se mencionan a continuación:
- a. Disponibilidad de los datos informáticos que se encuentran del lado del servidor a los cuales podrían acceder usuarios remotos no autorizados.



- b. Ocurrencia de errores en la plataforma que facilitan a intrusos ejecutar comandos en los servidores provocando fallas en el sistema.
- c. Acceso no autorizado a información confidencial que se encuentra en los sistemas de archivos del LR.
- d. Posibilidad de DoS (*Denial of Service* – Denegación del servicio) causado por saturación de la red, debido a sobrecarga del servidor, producto del envío permanente de mensajes o ataques informáticos a equipos del LR.

En la Figura 20, se muestra un ejemplo sencillo de autenticación, donde se solicita nombre de usuario y contraseña para el ingreso a un LR.

**Figura 20. Ejemplo de Autenticación**



The screenshot shows a web browser window with the title 'Autenticación Laboratorio Remoto'. The address bar is empty. The main content area has the heading 'Información de Autenticación' and a section titled 'Importante:' with instructions on how to log in. Below the instructions are two input fields for 'Usuario' and 'Password'.

## Información de Autenticación

**Importante:**

Para ingresar a los experimentos en el Laboratorio Remoto, primero debe Iniciar Sesión

Por Favor Escriba su Usuario y su Password.

Si no tiene nombre de usuario, use 'invitado' como Usuario y 'demo' como Password.

Usuario:

Password:

Un código de ejemplo en JavaScript para una autenticación se muestra a continuación:

```
<script language="JavaScript"></script><br /><center>
<p><font size="+3"><font color="#fff001">Información de
Autenticación</font> </font></p>
<p><font size="3"><b><font&#010;color="#ff1333"><blink>
Importante:</blink></b></font> </font><\/font></p>
<p>Para ingresar a los experimentos en el Laboratorio
Remoto, primero debe Iniciar Sesión </p>
<p>Por Favor Escriba su Usuario y su Contraseña.</p>
<p>Si no tiene nombre de usuario, use 'invitado</
font><\/font>' como Usuario y 'demo</font><\/font>' como
Contraseña.</p><center>

  <table width="231" style="width: 231px; height:
207px" border="0"><tbody>
    <tr>
      <td>Usuario:
      </td>
      <td><input name="NAME" size="25" />
      </td>
      <td>Contraseña:
      </td>
      <td><input name="PASSWORD" type="password" size="25" />
      </td>
    </tr>
    <tr>
    </tr>
    <tr>
      <td>
      </td>
      <td>
      </td>
    </tr></tbody>
</table></form></p></center></center>
```

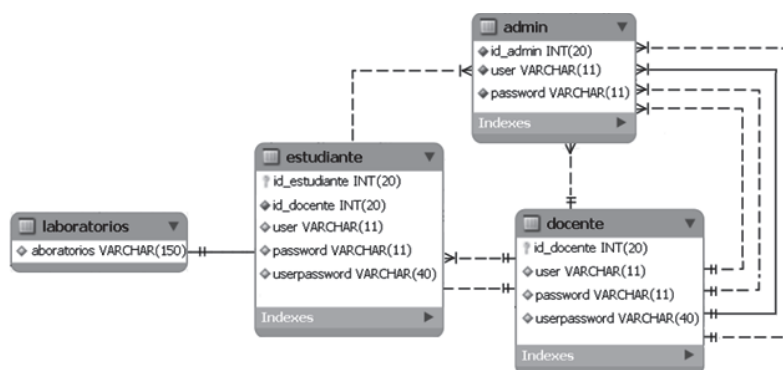
- ❖ *Reservas:* Una programación previa de horarios en plataformas desarrolladas para Laboratorios Remotos permite optimizar el uso de las herramientas que hace parte del sistema; logrando de esta manera evitar congestiones y saturación en el uso del LR. En la figura 21, se muestra un ejemplo sencillo de reserva para LR.

**Figura 21. Ejemplo Reservas**

Laboratorios Remotos		
noviembre 2011		
<<Día anterior	Día actual	Día siguiente >>
Fecha		
01:00	Admin User	
01:30	"	
02:00	"	
02:30	"	
03:00	"	
03:30	"	
04:00	"	
04:30	"	
05:00	"	
05:30	"	
06:00	Admin User	
...		

- ❖ *Base de datos:* Sistema administrador que permite administrar registros con respecto a usuarios como: perfiles, experimentos a desarrollar y datos resultantes; para un buen funcionamiento del servidor de base de datos se hace necesaria la presencia referentes a contraseñas, calendario de acuerdo a reservas, y revisión de guías de laboratorio. Un ejemplo de modelo de base de datos se observa en la Figura 22.

**Figura 22. Modelo base de datos sencillo Laboratorio Remoto**



Los requisitos y las particularidades mencionadas son necesarias tener en cuenta para un buen desarrollo de experiencias en la implementación de un Laboratorio Remoto, que generan ventajas como las mencionadas en Zamora (2010) [4]: De las cuales detallamos algunas:

- La enseñanza se adecúa a las circunstancias y necesidades de los estudiantes.
- Ofrece un medio para realizar las actividades independientes de los estudiantes en el área práctica, mejorando y reforzando de esta manera el proceso de aprendizaje.
- Con los LR, las universidades fortalecen su imagen ante entidades gubernamentales reguladores como el MEN (Ministerio de Educación Nacional), debido a que hace uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación-TIC como herramienta diferencial en la educación y mejora su Good Will<sup>5</sup> teniendo en cuenta que al estudiante se le amplía su oferta horaria.
- Generan flexibilidad al horario, porque facilitan su experimentación, aunque el laboratorio y el estudiante no tengan coincidencia en el espacio físico.
- Se presentan menos daños y averías por uso incorrecto de los equipos, logrando de esta manera optimizar los del laboratorio, además de generar seguridad en las prácticas.
- Se aprovechan los recursos humanos y materiales de los laboratorios tradicionales al integrar las herramientas necesarias para la ejecución de las prácticas, mejorando así la disponibilidad de la infraestructura y equipos del laboratorio.

---

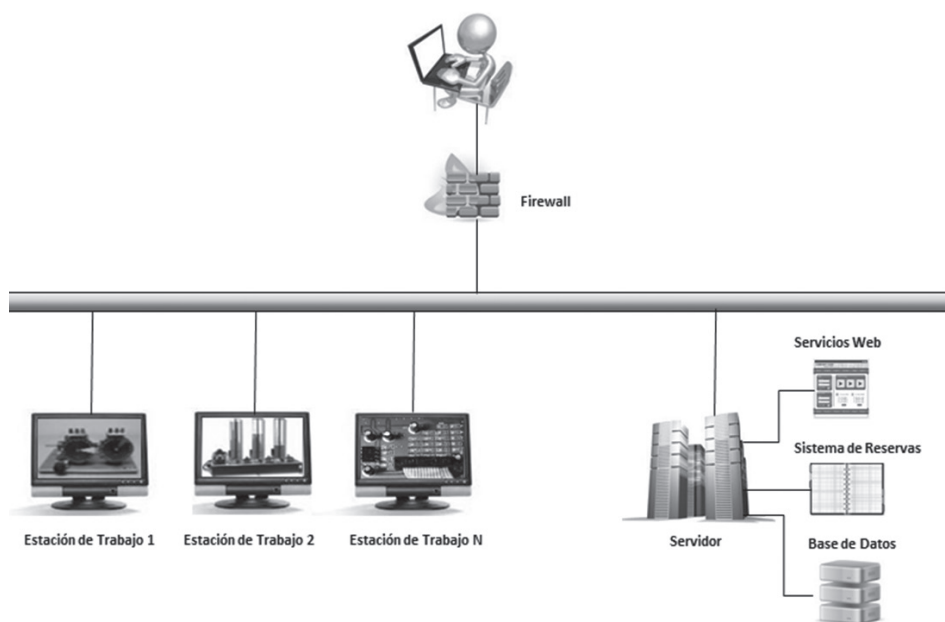
<sup>5</sup> Good Will: Término en economía que determina un bien intangible que refleja un aumento de ingreso.

- Un LR permite enseñanza constructivista generando aprendizaje significativo y autónomo, además, es una herramienta rentable para el estudiante en su formación porque este puede seguir adquiriendo conocimientos fuera de los “horarios normales”, incrementando la dedicación por parte del estudiante en la realización de las prácticas de laboratorio.
- Al tenerse en cuenta las mediciones realizadas a las IES (Instituciones de Educación Superior) por entidades como el MEN acerca de la calidad de la educación y la investigación, el uso de TIC en la educación y el acompañamiento en el trabajo independiente de los estudiantes, el Laboratorio Remoto puede ser considerado como un indicador de la calidad.
- La implementación de los LR permite que pueda existir una enseñanza a distancia completa en ingeniería; además, dicha implementación se da gracias a que en los LR no existe restricción espacial y temporal, lo que permite poder realizar prácticas de laboratorio de forma estructurada ayudando de esta manera a que los estudiantes realizan interpretación y análisis de resultados, formando así nuevos investigadores. [21].

El entorno Cliente–Servidor mencionado es una arquitectura básica sobre la cual se han desarrollado otros tipos de arquitecturas para LR; por ejemplo la utilizada en el proyecto DIESEL acrónimo en Inglés de *Distance Internet-Based Embedded System Experimental Laboratory* en Irlanda del Norte en la Universidad de Ulster, que está conformada por un servidor de puerta de enlace o Gateway que cumple la función de administrador del laboratorio, el cual está conectado a Internet y a varias estaciones de trabajo ubicadas en el laboratorio; dichas estaciones están conectadas al servidor a través de un concentrador de red.

En esta arquitectura existen tres componentes que interactúan entre sí, mencionados a continuación: 1) Servidor basado en un sistema de reservas que permite a los estudiantes remotos reservar un espacio de tiempo en cualquier estación de trabajo con experimentos disponibles; 2) Aplicación tipo cliente la cual se instala en el computador personal del estudiante para facilitar el acceso a recursos necesarios para la experimentación y, 3) Aplicación de servidor la cual se ejecuta en cada estación de trabajo facilitando de esta manera el acceso remoto [22]. En la Figura 23 se muestra la arquitectura mencionada.

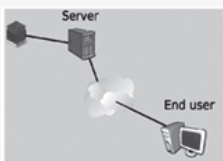



**Figura 23. Arquitectura Laboratorio Remoto**



Otros ejemplos de arquitecturas similares de Laboratorios Remotos que se pueden mencionar son las referentes a la evolución que ha tenido el WebLab de la Universidad de Deusto, España [23], el cual fue mostrado en el capítulo 2. A continuación, en la Tabla 2 se ilustran las distintas arquitecturas que ha tenido el WebLab-Deusto.

**Tabla II.**

**Evolución de Arquitecturas de Laboratorios Remotos**

<b>Versión del Laboratorio Remoto</b>	<b>0.1</b>	<b>1.0</b>	<b>2.0</b>	<b>3.0</b>
<b>Arquitectura del Laboratorio Remoto</b>				

Adaptado de Orduña, P. (2007)

En la Tabla 2, se puede observar que en la versión 0.1 de LR del WebLab solo existe un equipo de laboratorio y un usuario final o estudiante remoto, en las versiones 1.0 y 2.0 la mejora es posibilidad de tener más usuarios finales con la diferentes entre estas dos versiones que en la 2.0 se tiene mayor seguridad en la transferencia de datos y, por último, en la versión 3.0 se muestra que se tienen varios equipos de laboratorios y estudiantes remotos o usuarios finales.

### 3.1 Laboratorio Remoto y LabVIEW

En la implementación de los LR se encuentra implícita la ventaja de que su desarrollo permite el acceso, monitoreo y teleoperación de dispositivos remotos; estas acciones pueden ser realizadas por el entorno de desarrollo gráfico LabVIEW<sup>6</sup>, estructurado como un software multiproceso capaz de ejecutar procesos en paralelo basado en programación en diagramas a bloques, el cual tiene alta incidencia en aplicaciones industriales y educativas; herramienta informática desarrollada por la empresa National Instruments (NI). En la figura 24, se muestra un diagrama a bloques resultante de la programación en LabVIEW, en donde se determina el grado de eficacia de datos que se transmiten a través de la red antes de que se congestione y se deba bloquear antes de aceptar nuevos datos.

<sup>6</sup> LabVIEW: Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench

Adicional a todo lo anterior, LabVIEW tiene la capacidad de trabajar con aplicaciones en tiempo real que tengan comunicación con un servidor Web a través de una interfaz. Las aplicaciones o software desarrollado en LabVIEW son archivos que tienen extensión VI (*Virtual Instruments–Instrumentos Virtuales*), los cuales tienen un panel frontal que facilitan la interacción entre el estudiante y las aplicaciones remotas. Un ejemplo de panel frontal de LabVIEW es mostrado en la Figura 25 y de la misma manera en la Figura 26 se muestra un diagrama a bloques típico de una aplicación desarrollada en LabVIEW.

Los sistemas o software que se integren para la implementación de un LR deben cumplir con la característica de trabajar en tiempo real, según Sánchez (2009) [24], “real” no solamente se refiere a respuestas del sistema en un tiempo predecible, sino que también estos tiempos de respuesta deben ser de tal manera pequeños que los mismos sean considerados despreciables o transparentes para el sistema y/o para el usuario, de la misma manera también se puede mencionar que otras condiciones básicas que debe cumplir un sistema en tiempo real, es que generen respuestas correctas y que además interactúen con el entorno exterior.

**Figura 24. Diagramas a bloques programación LabVIEW**

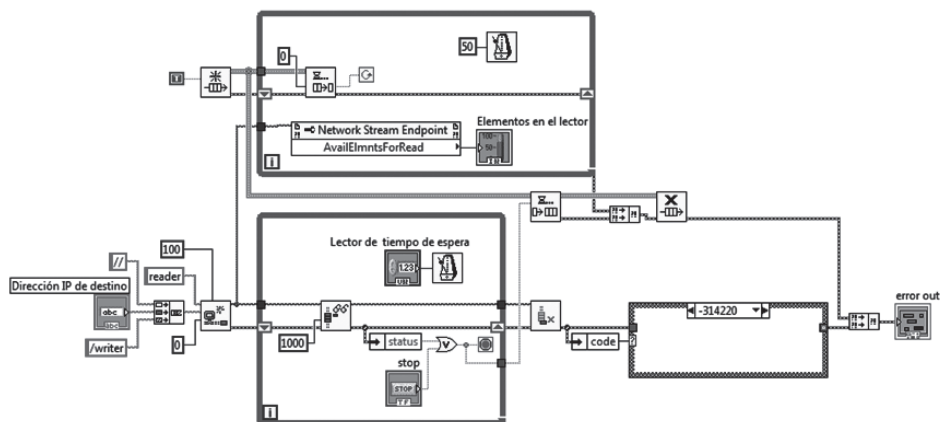




Figura 25. Panel Frontal de LabVIEW

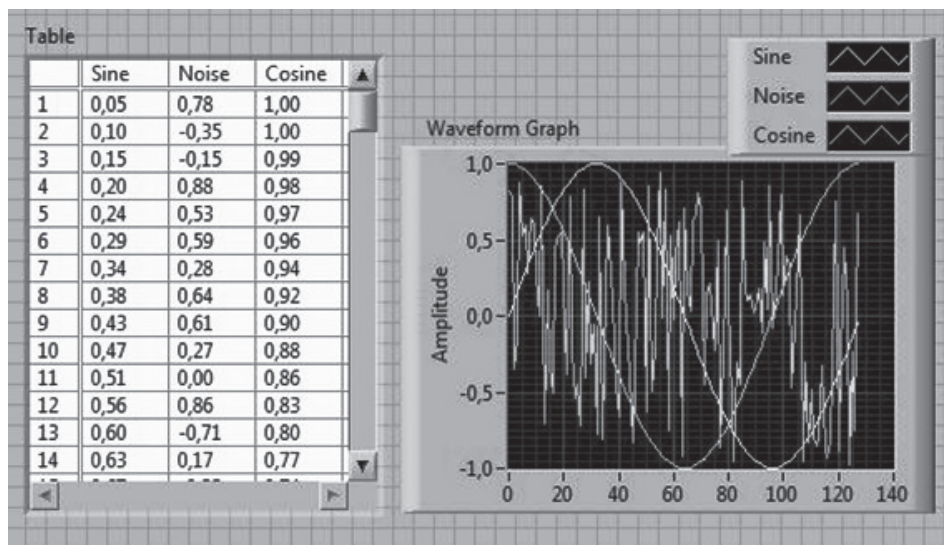
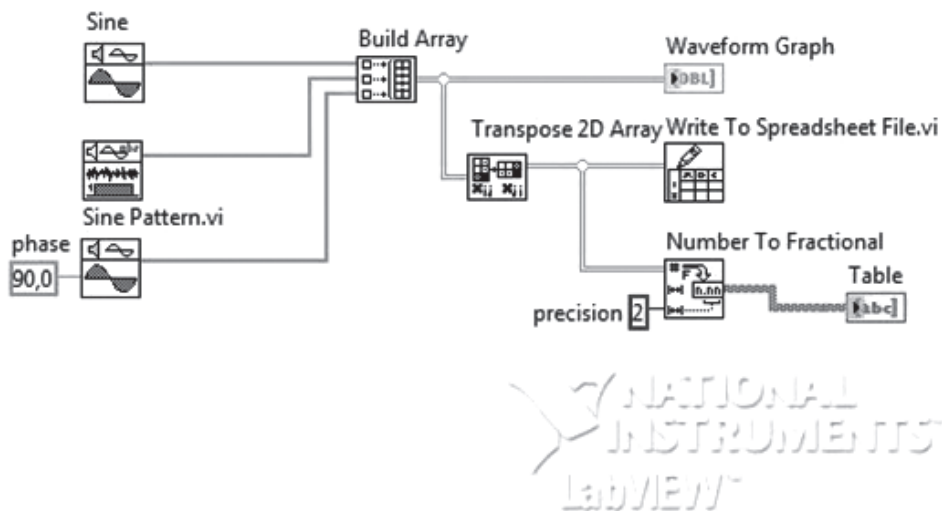


Figura 26. Flujo de datos en forma de diagramas a bloques de LabVIEW



Una particularidad importante que deben tener los aplicativos asociados a un LR es la posibilidad de “subir” a un servidor Web, los programas generados por estos, a través de LabVIEW es posible hacerlo siguiendo los siguientes pasos:

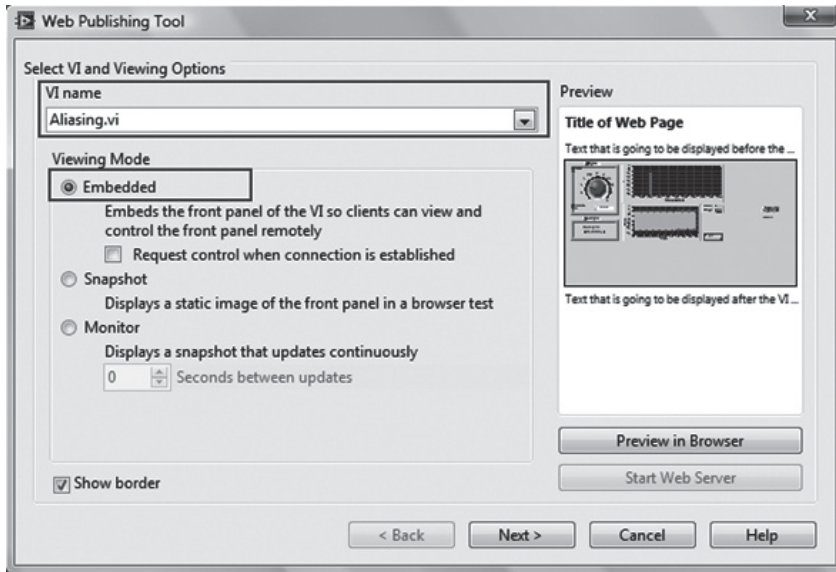
1. *Selección del VI (Virtual Instrument) y opciones de visualización:* En la barra del menú principal dentro de la opción Tools, seleccionar Web Publishing Tool, con lo cual se genera el menú mostrado en la Figura 27, donde se selecciona el VI y el modo de visualización para el servidor Web de LabVIEW, donde se tienen las siguientes tres opciones:

- 1) *Integrado o Embebido:* En esta opción de visualización el panel frontal del VI se integra a la plataforma o página Web, permitiendo ser tele-operada por los estudiantes.
- 2) *Imagen Instantánea:* En esta opción de visualización se muestra una imagen estática del panel frontal en el navegador.
- 3) *Monitor:* En esta opción de visualización se muestra una imagen instantánea, la cual se actualiza continuamente teniendo en cuenta una configuración previa.

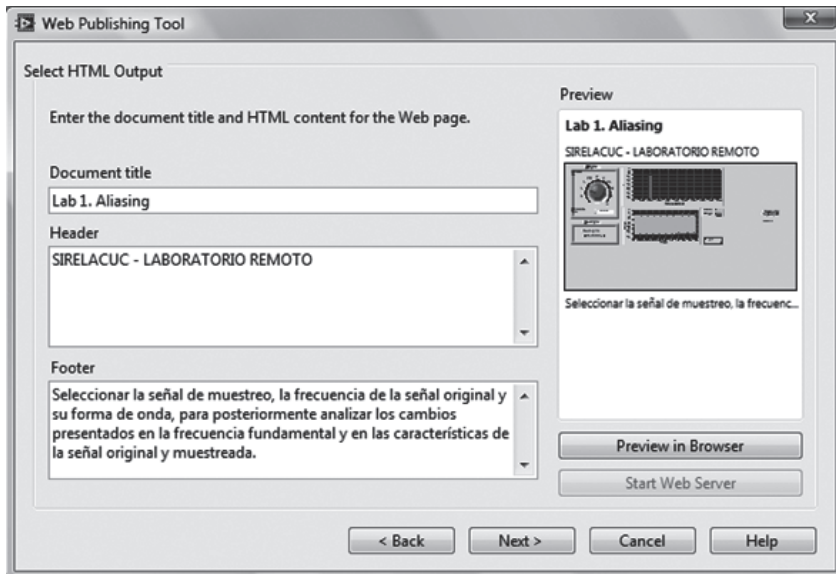
El modo de visualización más ajustado a los requisitos de un LR es donde se permite la manipulación remota de los instrumentos virtuales a través del panel frontal, dicha opción es: Integrado o Embebido.

2. *Selección de salida HTML (HyperText Markup Language):* Después de seleccionado el VI y configurado la forma de visualización del mismo, el siguiente paso es darle un título a la documentación que se visualizará a través del servidor Web, configuración que se observa a continuación en la Figura 28.

**Figura 27. Selección de VI y opción de visualización – *Select VI and Viewing Options***

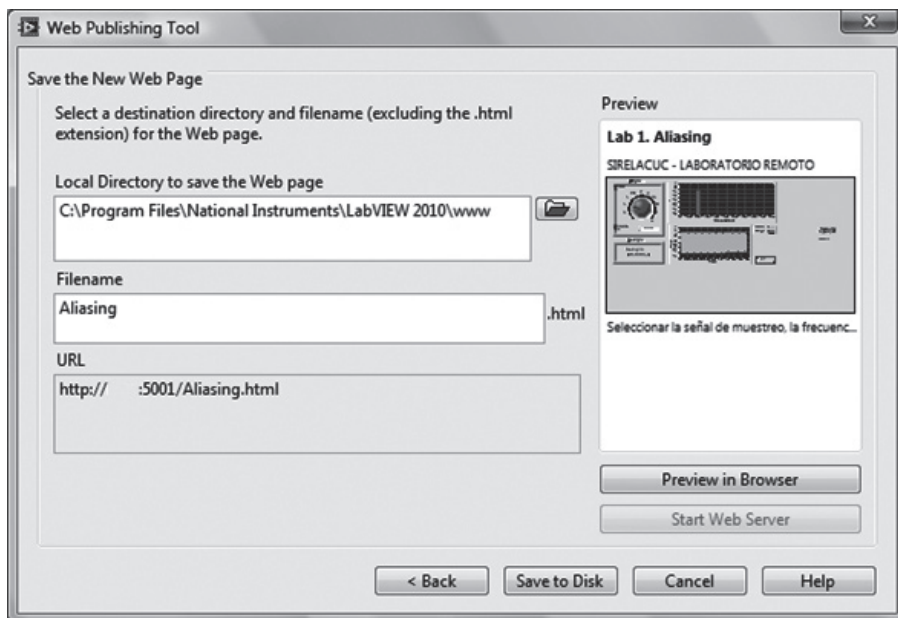


**Figura 28. Selección de salida HTML – *Select HTML Output***



3. *Selección de directorio para almacenamiento de VI:* Por último, en la Figura 29 se puede observar el menú donde se configura el destino o directorio, donde se guardará la documentación del VI que será tele-operado por el estudiante remoto.

**Figura 29. Selección de directorio para almacenamiento de VI**

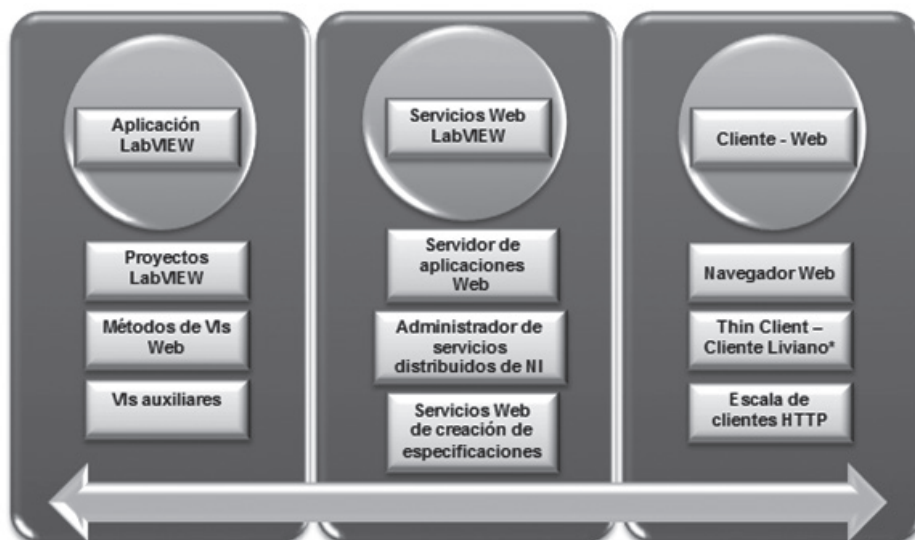


Los servicios Web de LabVIEW están constituidos por varios componentes que van desde la aplicación o software LabVIEW como tal, hasta el cliente que utilizará el servicio Web; con estos se pueden intercambiar datos con instrumentos virtuales (Virtual Instruments, VIs) a través de una red utilizando URL<sup>7</sup> y/o métodos HTTP, como Internet.

<sup>7</sup> URL: Uniform Resource Locator – Localizador de recursos uniforme utilizado para nombrar, localizar o identificar recursos en Internet.

En la Figura 30 basándose en el software LabVIEW de National Instruments Corporation, se muestran los componentes de los servicios Web de LabVIEW, en donde al lado del servidor se encuentra todo el conjunto de aplicaciones como proyectos, métodos de instrumentos virtuales Web, VIs auxiliares, entre otros.

**Figura 30. Servicios Web de LabVIEW - Servidor – Cliente**



De la misma manera en la Figura 30, se puede observar que cuando se crea una aplicación web, esta debe tener interrelación y comunicación en ambos sentidos; es decir, comunicación con el servidor y con el cliente Web. Dicha intercomunicación se logra con un panel de control o interfaz de usuario mostrada en figuras anteriores.

Actualmente se está implementando en el cliente-Web los *Thin Client*, los cuales son dispositivos de acceso a una red; estos también son llamados cliente liviano o ligero, y se les puede definir como un ordenador común al cual se le han extraído los elementos cuyas funciones pueden ser realizadas por un servidor o computador externo; debido a esta característica presentan diversas ventajas asociadas a la forma como están conformados, entre ellas, se pueden mencionar

que como los *Thin Client* no tienen dispositivos de almacenamiento, los datos no residen en el cliente lo cual genera pocas probabilidades de infecciones por virus informáticos y hurtos de equipos físicos, ya que estos solo tienen un funcionamiento útil cuando están conectados al servidor o la red; otras de las ventajas que se pueden mencionar es que la información se maneja de forma centralizada mejorando la productividad y disminuyendo los costos administrativos de IT<sup>8</sup>.

En la Figura 31, se puede observar un ejemplo de un equipo *Thin Client* más un monitor para visualizar los datos, un dispositivo de este tipo además de ser liviano en su conformación interna de hardware, lo es también en tamaño.

**Figura 31. Equipo *Thin Client***



Fuente: *hp.com* - Hewlett-Packard

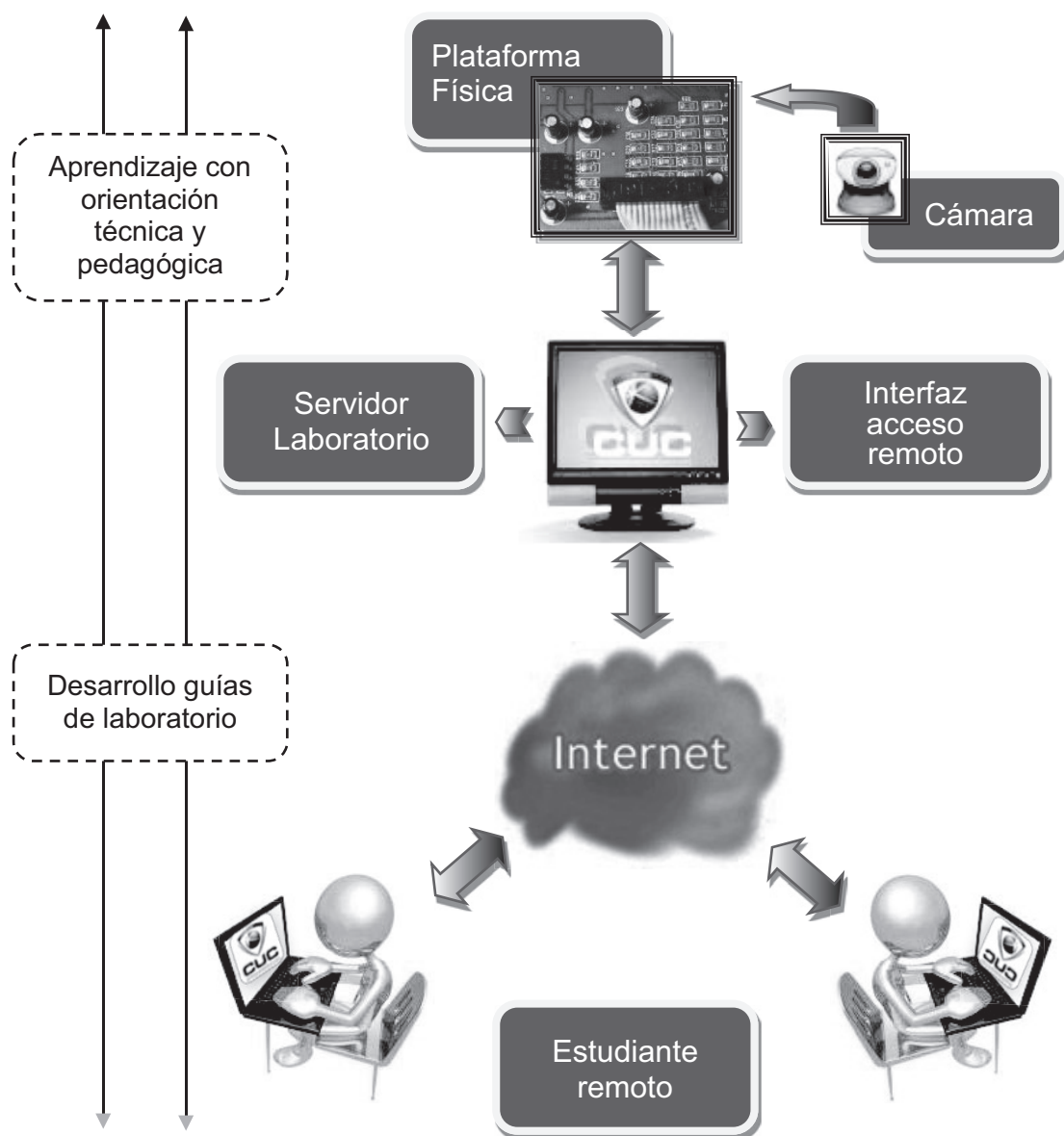
### **3.2 Diagrama, flujo-grama, requerimientos no funcionales y perfiles de usuario de un Laboratorio Remoto**

En la articulación de conceptos y requerimientos para la implementación de un LR, también se debe tener en cuenta la interconexión entre los estudiantes y/o investigadores ubicados en sitios remotos y la infraestructura del LR, en la Figura 32 se muestra un diagrama donde se ilustran las relaciones existentes entre los elementos que conforman un LR.

---

8 Information Technology

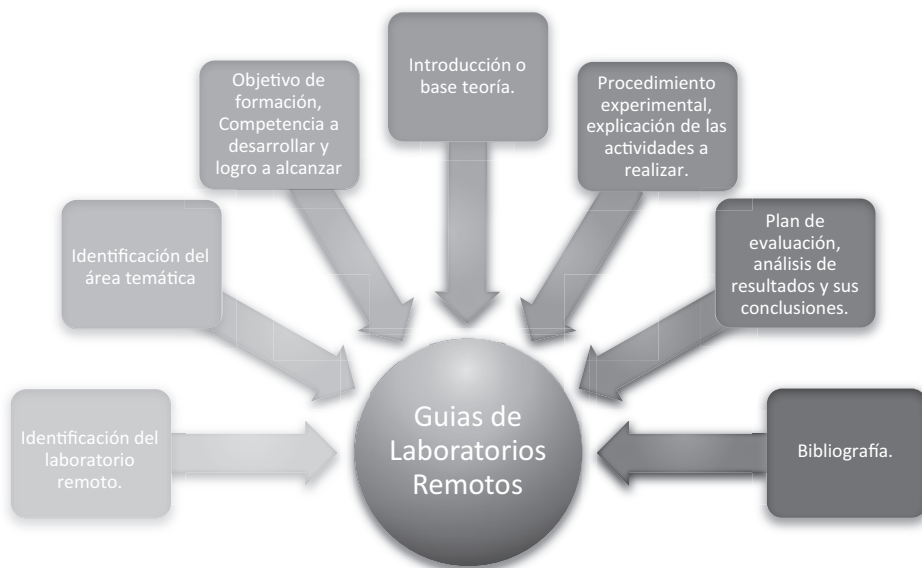
**Figura 32. Diagrama diseño de laboratorio remoto**



Para la implementación de un LR actualmente no existe un protocolo, metodología o procedimiento generalizado y unificado; pero las siguientes definiciones o aspectos ayudan a tener un acercamiento de cómo componentes que conforman un LR, podrían ser desarrollados o implementados, los aspectos a mencionar a continuación se refieren a las guías de laboratorio y a la secuencia de actividades representadas gráficamente del proceso de ingreso de un estudiante o investigador a la interfaz de usuario del Laboratorio Remoto, en otras palabras el flujograma de ingreso al LR.

El desarrollo de guías de laboratorio está inmerso en la implementación de Laboratorios Remotos, teniendo en cuenta lo anterior, la figura 33 se muestra un mapa conceptual o gráfico el cual ilustra las partes que deberían conformar una guía de laboratorio.

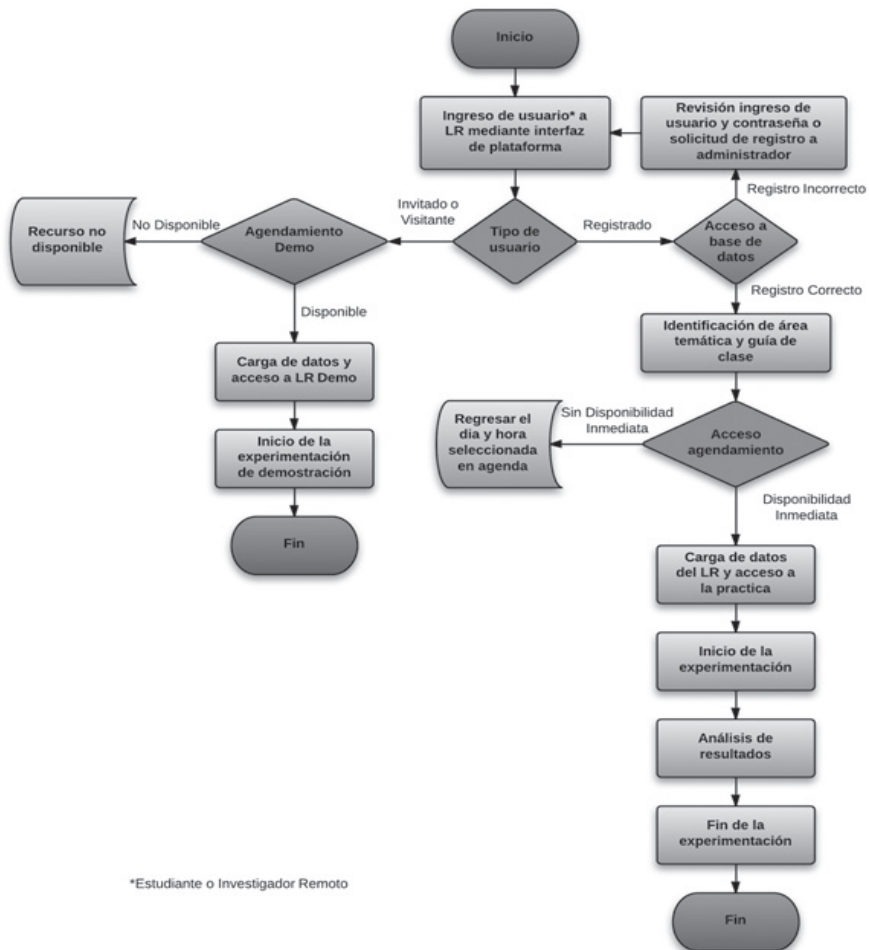
**Figura 33. Conformación Guías de Laboratorios Remotos**



En la figura 34, se muestra un flujograma propuesto para el ingreso de un estudiante o investigador a la interfaz de usuario de un LR.



Figura 34. Flujo-grama de ingreso a interfaz de usuario de un LR



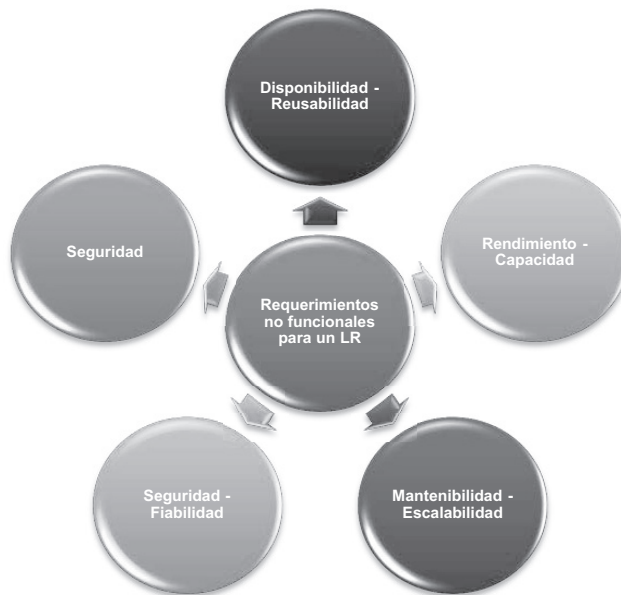
Se toma como referencia a Castellanos (2010) [25], más otras consideraciones a tener en cuenta a las ya mencionadas en la implementación de un LR como son:

- Servidor de comandos quien gestiona las peticiones de conexión de los usuarios.
- Instrumentación o hardware adicional que hace posible la interconexión entre el usuario remoto.

- Sistema gestor de base de datos que contiene información concerniente a usuarios, parámetros y datos de experimentos, reservas del LR, resultados obtenidos, informes de utilización.
- Sistema de iluminación para utilización completa (24 horas) del sistema incluyendo las horas nocturnas. Es necesario mencionar que no todos los elementos descritos son estrictamente imprescindibles para la implementación de un LR, todo ello depende de las características de cada LR.

Igualmente, se deben tener en cuenta criterios y atributos de calidad, que en ingeniería son llamados requerimientos no funcionales, los cuales son requisitos adicionales que se usan para evaluar el funcionamiento de un LR. En la Figura 35, se muestra un gráfico con los requerimientos no funcionales que se podrían tener en cuenta en la implementación de un LR.

**Figura 35. Requerimientos no funcionales para la implementación de un LR**



Para la implementación de Laboratorios Remotos también se debe tener en cuenta los tipos o perfiles de usuarios que van a interactuar con el sistema completo (hardware–software), estos se pueden resumir en los siguientes: Administrador, profesor y estudiante remoto, este último tipo de usuario dependiendo de la complejidad o nivel de profundidad de conocimiento aplicados en el LR, también puede ser representado, además por el estudiante remoto, por investigadores o instituciones de educación superior externas, en la Figura 36, se muestra un diagrama de acciones de usuario en un LR.

**Figura 36. Diagrama de acciones usuarios Laboratorio Remoto**



De acuerdo al diagrama de acciones de usuario de un Laboratorio Remoto, se pueden enunciar diferentes funciones de cada uno de los perfiles de usuario ilustrados en la Figura 36.

El administrador debe realizar toda la gestión del LR que incluye abrir, cerrar, eliminar y administrar cursos, así como generar reportes, anuncios y copias de seguridad; y también poder agregar, editar y eliminar profesores y usuarios (estudiantes, investigadores y usuarios externos dependiendo de las características del LR).

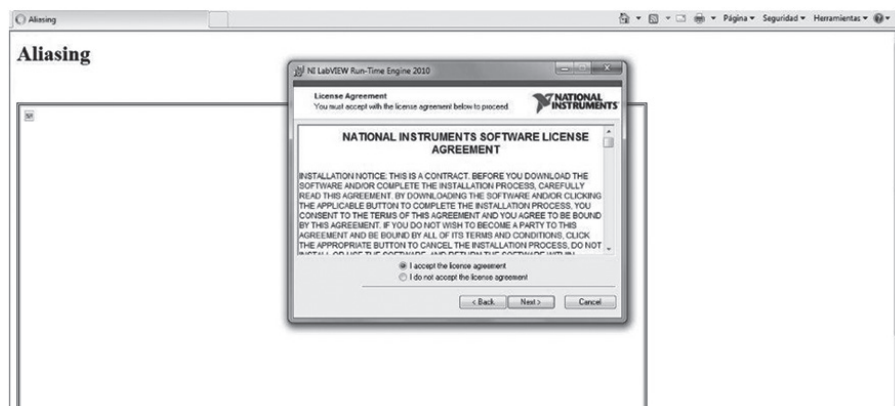
El docente, profesor o tutor debe, en primer término, poder administrar o gestionar los cursos, que ya fueron creados por el administrador; dentro de esos cursos debe tener el perfil para crear, configurar, editar y eliminar distintos laboratorios; de la misma manera tener la opción para consultar y editar reservas realizadas por los usuarios (estudiantes o investigadores), lo que incluye visualización de calendario de dichas reservas y establecimiento de horarios y, por ende, tener acceso al Laboratorio Remoto procurando realizar todo el seguimiento de control y académico a las actividades realizadas por los estudiantes; también tomando como referencia a Martínez (2009) [26], un docente en un escenario formativo con uso de las TIC como lo son los Laboratorios Remotos, debe: definir competencias y objetivos claros que se quieren alcanzar en el desarrollo del laboratorio, realizar un orden cronológico de las actividades a desarrollar y proporcionar retroalimentación continua sobre las actividades desarrolladas por los estudiantes.

El estudiante o investigador debe tener acceso a los cursos, así como a los laboratorios que pertenecen a estos; opciones de visualización de prácticas a las cuales puede acceder de acuerdo a su perfil; realizar reservas de los laboratorios a realizar y poder comunicarse o enviar mensaje al profesor.

### 3.3 Aspectos desde el lado del cliente (estudiante y/o investigador) de un Laboratorio Remoto

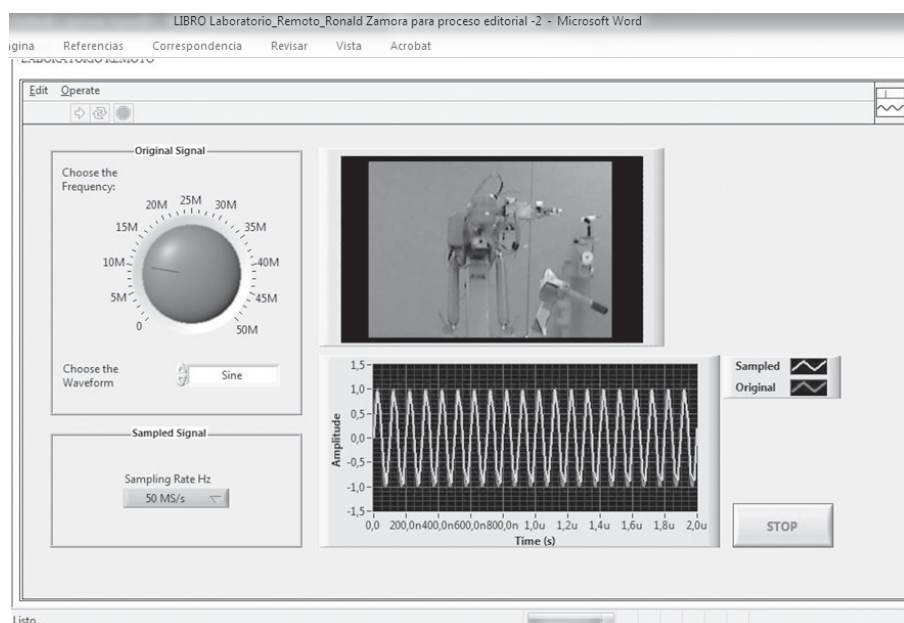
Al tomar de nuevo como referencia el software LabVIEW de National Instruments Corporation, el estudiante o investigador cuando va a ingresar por primera vez a la página web o a la interfaz de acceso al LR, no necesita configurar software especializado o instalar hardware adicional; el sistema le solicita al usuario la instalación de la aplicación NI LabVIEW Run-Time Engine, la cual permite que los archivos, interfaz y programas del LR puedan ser ejecutados en el equipo del estudiante, sin la necesidad de instalar el software LabVIEW en el equipo de cómputo; lo contrario, es decir, la necesidad de instalación de software completo implicaría altos costos por la instalación de licencias en cada de los PC de todos los usuarios, en la figura 37, se muestra como el sistema solicita la instalación de la aplicación necesaria mencionada para la correcta visualización de los paneles remotos o interfaces del LR.

**Figura 37. Instalación de aplicativo para visualización de LR en el usuario**



La solicitud de instalación del aplicativo para poder visualizar el LR la realiza el sistema, después de que el cliente haya ingresado sus datos básicos como nombre de usuario, contraseña y seleccionado la práctica a la cual quiere acceder. Un ejemplo de cómo se visualiza un LR, se muestra en la Figura 38, donde se puede observar que el usuario haciendo uso de un navegador de Internet o interfaz puede a través de un instrumento virtual compuesto de controles y botones tele-operar dispositivos físicos que se encuentran en sitio remoto.

**Figura 38. Visualización y Tele-operación de un Laboratorio Remoto**



Otras particularidades que se pueden tener en cuenta por el lado del estudiante remoto o investigadores y usuarios externos, son las distintas tecnologías que se podrían utilizar como aplicaciones o plataformas de acceso al LR. Existen varias de estas que cumplen ciertas características para realizar la función de intercomunicar las partes que componen un LR, de las cuales se pueden mencionar a: HTML, Java Applets, Adobe Flash, AJAX.

Como se mencionó antes, de acuerdo a García-Zubía (2007) [19], varias de las características que deben tener estas tecnologías son: Aplicación Multiplataforma, aplicación invasiva, proveedores, necesidades de instalación, necesidad de ancho de banda, soporte de audio y vídeo, costo, soporte de dispositivos móviles, flexibilidad, entre otras. En la Tabla 3 se muestra un estudio de algunas de las tecnologías que se podrían utilizar del lado del estudiante o investigador remoto.

**Tabla III.**

**Análisis de las tecnologías del lado del estudiante remoto**

Tecnología	HTML	Java Applets	Adobe Flash	AJAX
Característica				
Multiplataforma	5	2	4	5
Aplicación invasiva	5	5	5	5
Proveedores	5	3	1	5
Instalación requerida	5	2	3	5
Precio	5	5	5	5
Dispositivos Móviles	4	2	2	4
Flexibilidad	1	4	4	3
Accesibilidad	5	2	4	2
Protocolos de red	2	5	5	4
Herramientas de desarrollo	5	5	3	5
Estandarización	5	4	3	4
Ancho de Banda	2	5	5	3
Audio y video	1	3	5	2
Aceptación navegador web	5	1	1	5
Total	55	48	50	57

Adaptado de García-Zubía, J. (2007)

En la tabla anterior donde 1 es la ponderación mínima y 5 la máxima, se puede observar en primera instancia que cada tecnología tiene puntos mínimos en diferentes características; por ejemplo, HTML tiene punto mínimo en “audio y video”, Java Applets tiene puntaje mínimo en “aceptación navegador” y Adobe Flash tiene punto mínimo en “proveedores”; ahora asumiendo que cada característica tiene el mismo peso o importancia para determinar cuál tiene mayor puntaje, por simple inspección se visualiza que la tecnología AJAX está por encima de las otras tecnologías, con lo cual se podría decir en primera instancia que para un mejor desempeño en aplicaciones de LR, dicha tecnología sería la elegida, pero la diferencia final son pocos puntos; entonces realmente la escogencia de la tecnología dependería de un análisis de todas las características que el diseñador del sistema requiera, colocándole este mayor o menor importancia a una u otra característica.

De la misma manera, también se puede analizar que esta cercanía en los puntajes finales de las distintas tecnologías, podría incidir en la ausencia de un estándar o protocolo para la implementación de LR; con estos datos también se puede realizar un estudio más profundo de los datos mostrados en la tabla anterior con ayuda de un software estadístico utilizando un diseño de bloques completo debido a que todas las características de las tecnologías de la tabla X (anterior) tienen valoración, y planteando las hipótesis:

$$H_0: \mu_A = \mu_B = \mu_C = \mu_D = \mu; \quad p > 0,05 \quad \text{Ecuación (1)}$$

$$H_A: \mu_i \neq \mu_j \text{ para algun } i \neq j = A, B, C, D; \quad p \leq 0,05 \quad \text{Ecuación (2)}$$

Donde

$$\mu_A = HTML$$

$$\mu_B = Java Applets$$

$$\mu_C = Adobe Flash$$

$$\mu_D = AJAX$$



Si la ecuación 1, plantea una hipótesis donde al utilizar cualquiera de las tecnologías analizadas para implementarla como aplicativo para un LR, estas ofrecerían un rendimiento parecido, todo lo contrario de la hipótesis alterna representada en la ecuación 2, donde se plantea que con alguna de las tecnologías se tendría mejor rendimiento o que al menos el rendimiento sea representativamente diferente; con el análisis planteado se obtienen las siguientes tablas y gráficas:

**Tabla IV.**

**Promedios y valor-P para tecnologías del lado del estudiante remoto**

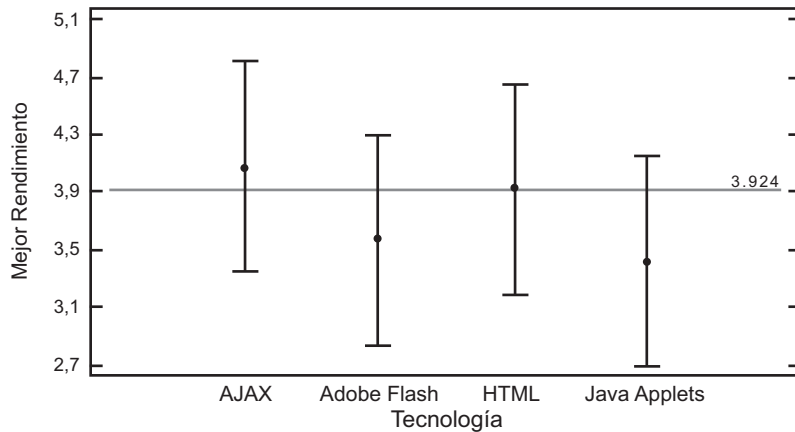
<b>Tecnología</b>	<b>Promedio</b>
AJAX	4,07
Adobe Flash	3,57
HTML	3,92
Java Applets	3,42
<b>Promedio Global</b>	<b>3,75</b>
<b>Valor-P</b>	<b>0,6055</b>

En la tabla anterior se puede analizar que las tecnologías que están por encima del promedio global, son AJAX y HTML, pero también se observa que el valor-p<sup>9</sup> (0,6055) es mayor que 0,05, con lo cual se podría decir entonces que ninguna de las tecnologías estudiadas tiene un efecto estadísticamente significativo sobre cuál de estas tendría el mejor rendimiento para la implementación de un LR, todo esto con un 95,0% de nivel de confianza.

En la Figura 39 mostrada a continuación se puede observar que las gráficas de todas las tecnologías (representadas por las líneas verticales azules) se traslapan o tienen puntos comunes con la línea horizontal mostrada, lo que quiere decir, que estas tienen rendimientos parecidos.

<sup>9</sup> Valor-P: Valor de probabilidad si se acepta o se rechaza una hipótesis planteada en un análisis estadístico.

**Figura 39. Gráfica tecnologías del lado del estudiante remoto**



Después de analizar la Tabla 2 y la Figura 39, se concluye que la decisión con los datos estudiados dependería de las características que el sistema requiera, como se ha mencionado antes, de la misma manera también se puede decir que es necesario realizar análisis de otras características y sobre la interacción de estas tecnologías con el usuario final, así como los niveles de satisfacción de los mismos para incluirlos en las ponderación del rendimiento de las tecnologías estudiadas.

### **3.4 Aspectos de seguridad informática en la implementación de un LR**

Un factor preponderante a tener en cuenta en la implementación de un LR es el aspecto relacionado con la seguridad informática, debido a que es un sistema al cual se puede acceder desde una ubicación externa a la universidad o centro de investigación, lo cual podría generar amenazas o riesgos con respecto a la protección de información confidencial.

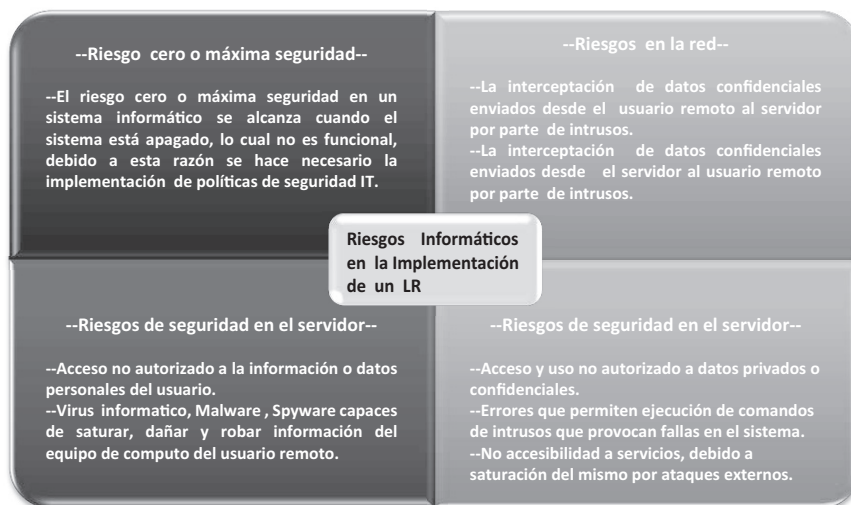
Según Ferrer-Roca (2001) [27], se pueden mencionar tres tipos de riesgos de seguridad informática, cuando se transfiere información entre dos puntos a través de una plataforma pública de intercambios de datos o a través de internet, estos son:

- Riesgo en la red

- Riesgo de seguridad en el servidor (equipos o dispositivos en la universidad)
- Riesgo de seguridad en el cliente (equipos o dispositivos del estudiante o investigador).

En la Figura 40, se ilustra una matriz que interrelaciona estos tipos de riesgos informáticos para un LR.

**Figura 40. Riesgos informáticos en la implementación de un LR**



## Ejemplos de aplicaciones para laboratorios remotos

Los ejemplos que se exponen a continuación son específicos para micro-controladores y/o sistemas embebidos, en los cuales se muestra como configurar tarjetas de adquisición propietarias y software como LabVIEW y CodeWarrior.

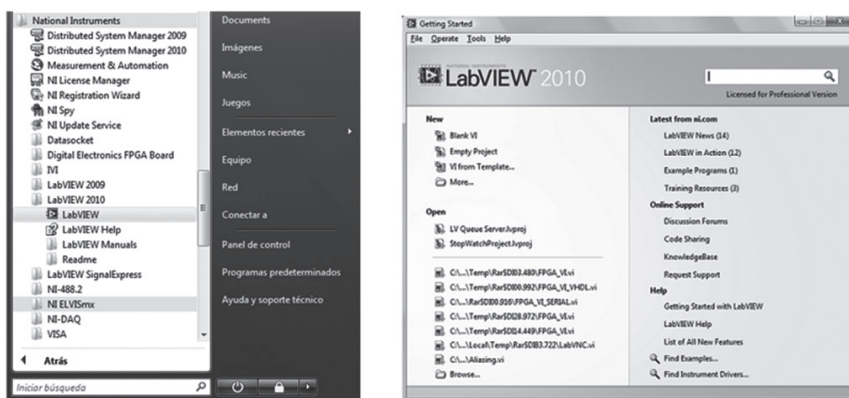
El ejemplo mencionado se desarrolla con base en un FPGA Xilinx SPARTAN3E. Para desarrollar un laboratorio de este tipo es necesario conectar el cable de poder y el cable USB (depende del tipo de interfaz de la tarjeta).

Los siguientes pasos son enunciados para un desarrollador, profesor o administrador, con los cuales se pretenden articular distintas herramientas y recursos para el desarrollo de un LR.

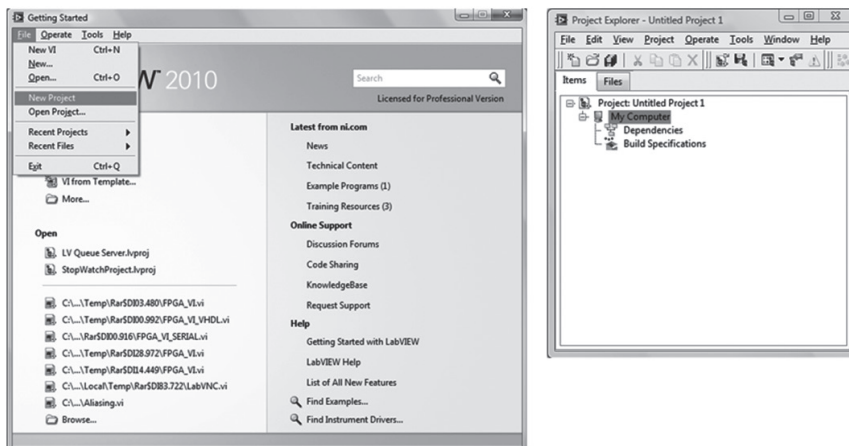
- Crear un proyecto con el software LabVIEW

Los dos primeros pasos para crear un proyecto en LabVIEW se ilustran en las Figuras 41 y 42, en donde se muestran los procedimientos que aunque básicos son el punto de inicio para la creación de un proyecto en LabVIEW y el posterior desarrollo de una práctica de laboratorio.

**Figura 41. Inicio de Software LabVIEW**



**Figura 42. Creación de nuevo proyecto en software LabVIEW**

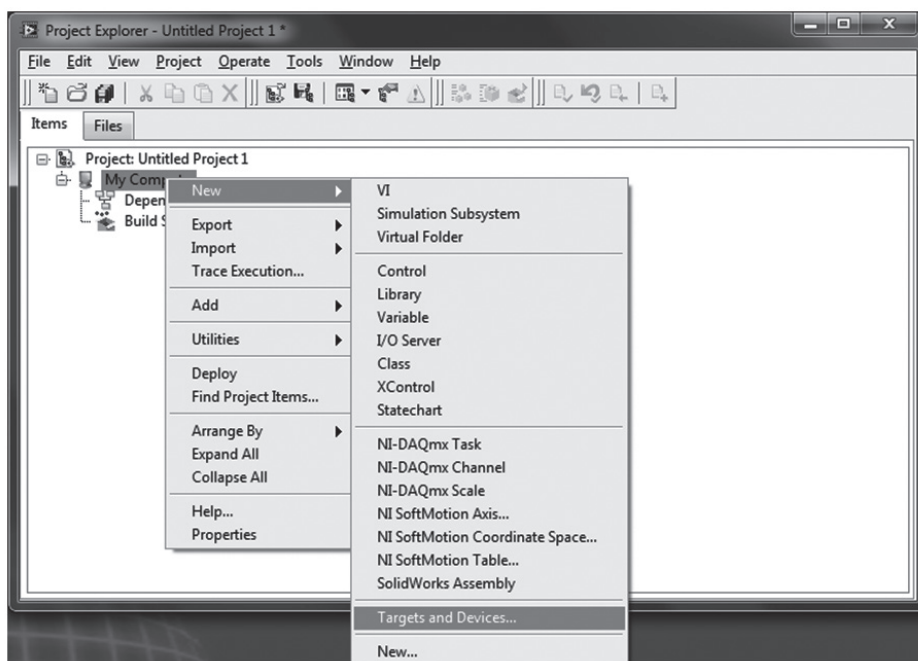


- Agregar hardware o tarjeta al proyecto

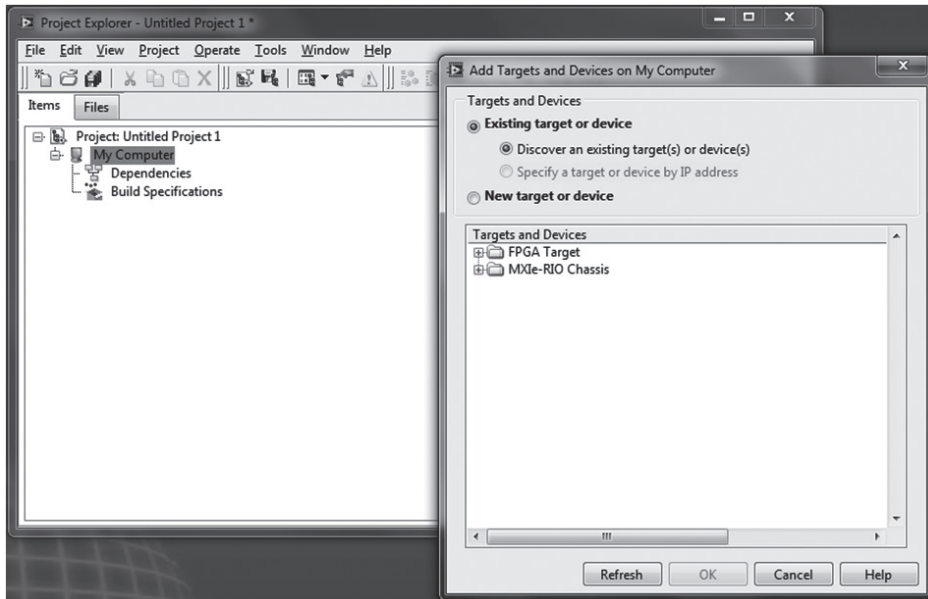
En la figura 43 se muestra la ruta que se debe seguir para agregar tarjetas en el proyecto nuevo creado anteriormente; estos serían los dispositivos a teleoperar en el laboratorio. El hardware se agrega presionando click derecho del mouse sobre el icono “My Computer” que se encuentra en la ventana de *Project Explorer*, donde se encuentra el proyecto.

A continuación después de ingresar a *Targets and Devices*, aparece un nuevo menú o ventana llamado *Add Targets and Devices on My Computer* (para la versión en Inglés del software LabVIEW) en donde se escoge la tarjeta específica a usar, en la figura 44 se ilustra dicho procedimiento.

**Figura 43. Agregando tarjetas y dispositivos a un proyecto**



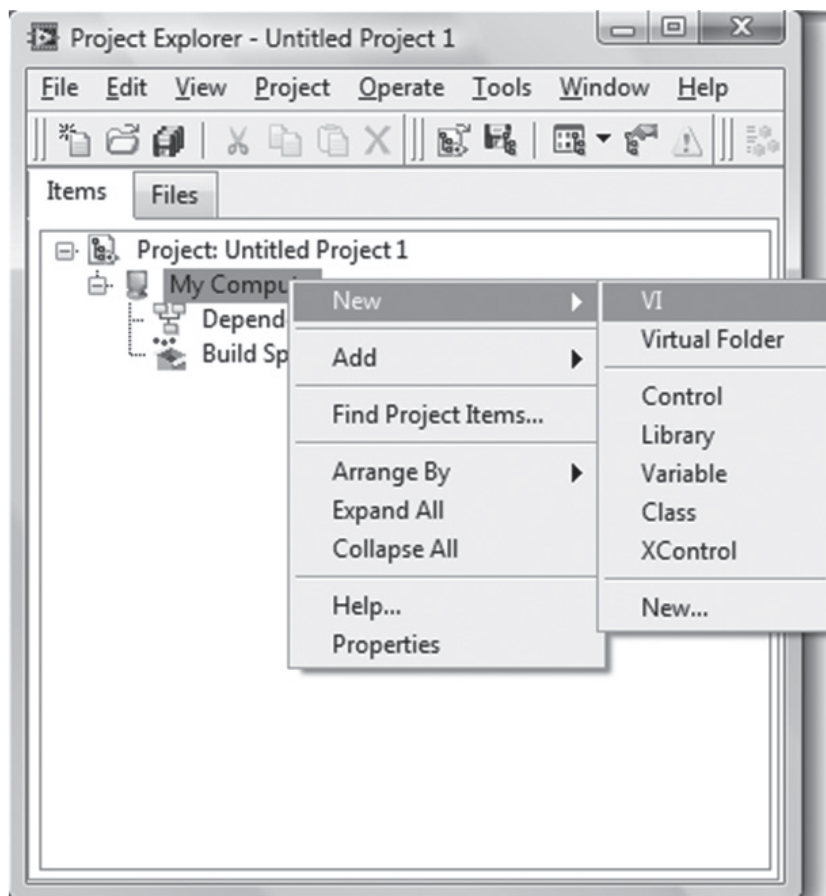
**Figura 44. Seleccionando tarjetas y dispositivos para un proyecto.**



- Generación de un Instrumento Virtual (VI) en tarjeta seleccionada

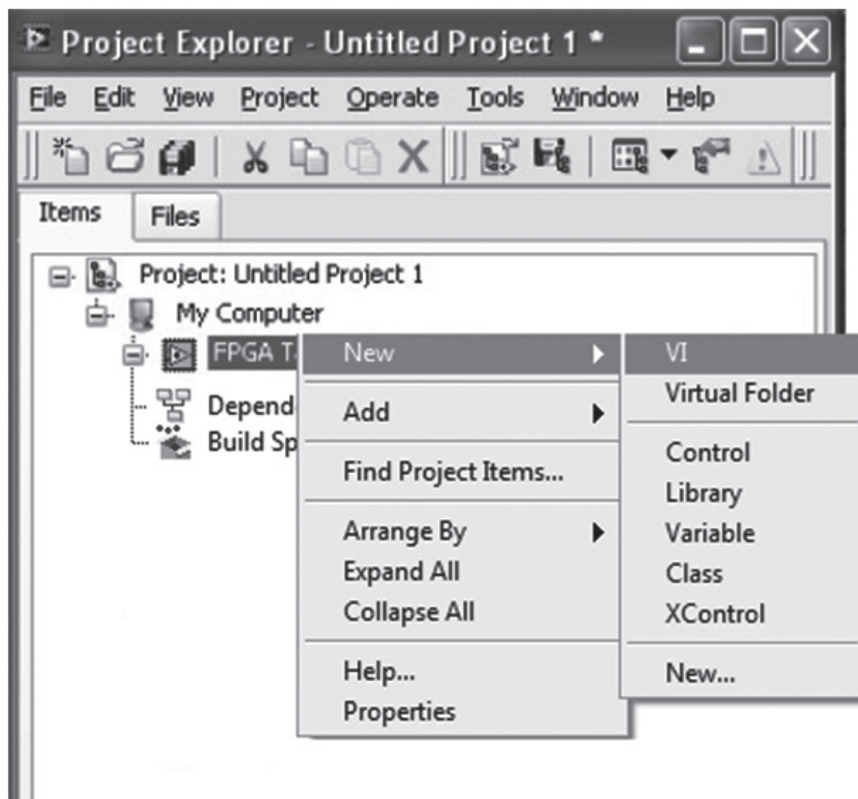
Para la creación de un programa o Instrumento Virtual que se ejecute en la tarjeta o hardware seleccionado, se debe dar click derecho sobre la tarjeta agregada antes y seguir la ruta *new - VI* (Instrumento Virtual). Debe tenerse especial cuidado en elegir de manera correcta la tarjeta, porque de lo contrario se toma el riesgo de generar el Instrumento Virtual en la posición equivocada; por ejemplo, en “*My Computer*” ocasionando esta acción que el programa se ejecute sobre el computador y no sobre la tarjeta. En las Figuras 45 y 46 se muestra el procedimiento mencionado.

**Figura 45. Generación de VI en posición equivocada**



La figura anterior ilustra un procedimiento erróneo al tratar de generar un instrumento virtual en la posición equivocada, el VI debe ser agregado a la tarjeta seleccionada para el proyecto. En la siguiente figura se muestra la forma correcta para generar el instrumento virtual sobre el hardware elegido.

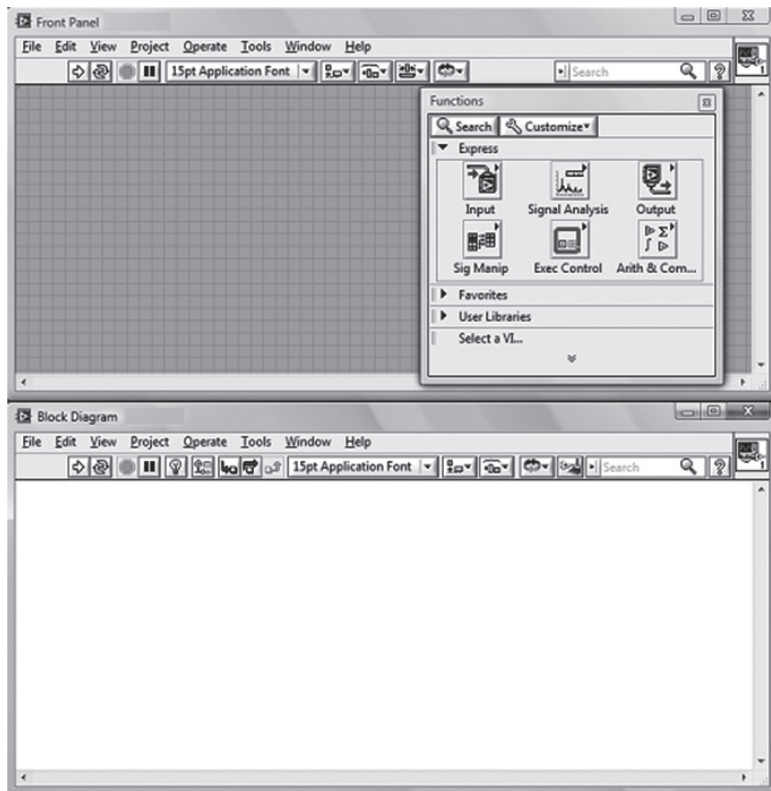
**Figura 46. Generación de VI en tarjeta seleccionada para el proyecto**



Después de generar el Instrumento Virtual en la tarjeta seleccionada, se abren dos ventanas del software LabVIEW llamadas panel de control y diagrama a bloques, tal como se muestra en la Figura 47, en las cuales se empieza a trabajar a desarrollar el proyecto o laboratorio.

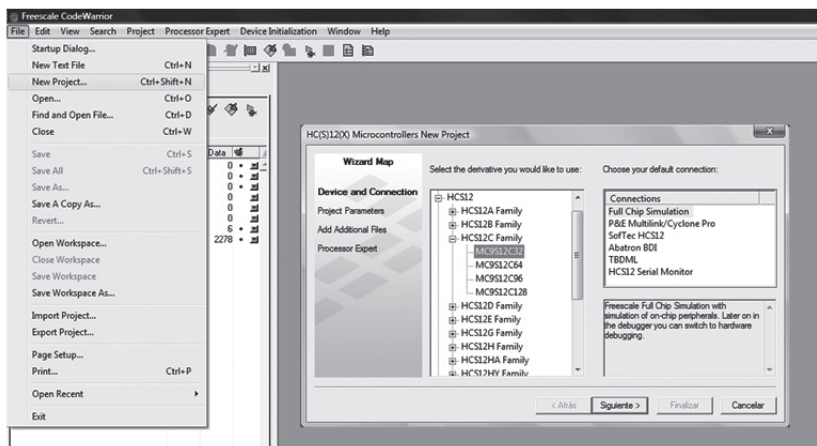


Figura 47. Panel de Control y Diagrama a Bloques



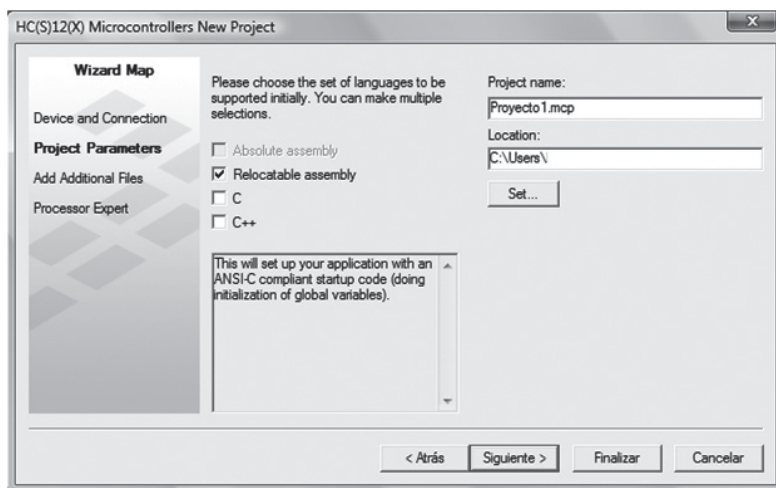
Otro ejemplo ahora con microcontroladores de la familia HCS12 y el software CodeWarrior, es el siguiente: Para crear un nuevo proyecto sobre la tarjeta del microcontrolador de la familia HCS12, se debe ejecutar el software *CodeWarrior Real-Time Debugger*, para después poder empezar a crear un nuevo proyecto; en el instante que se está ejecutando el software se debe seleccionar en el menú principal *File/New Project*, después de este paso aparece un nuevo menú o ventana llamada *HC(S)12(X) Microcontrollers New Project* donde se amplía el menú desplegable de la familia de micro-controladores HCS12 y se selecciona MC9S12C32. Estos pasos son mostrados en forma gráfica en la Figura 48.

Figura 48. Crear un nuevo proyecto con CodeWarrior



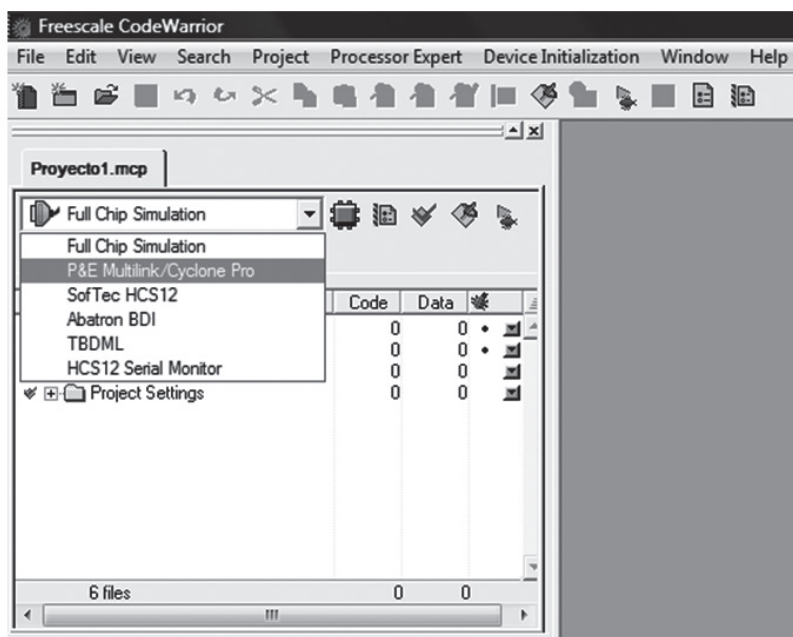
Al dar click en el botón “Siguiente” aparece una nueva ventana donde se definen parámetros del proyecto como el lenguaje de programación (se pueden escoger múltiples lenguajes); de la misma manera se llenan campos sencillos pero necesarios como el nombre del proyecto y la ubicación del mismo. Estos pasos son mostrados en forma gráfica en la Figura 49.

Figura 49. Parámetros del Proyectos con CodeWarrior



A continuación después de finalizar el asistente o ventana llamada *HC(S)12(X) Microcontrollers New Project*, se procede a realizar ajustes en el menú desplegable del software CodeWarrior, en donde se pueden escoger varias opciones como *P&E Multilink/Cyclone Pro*, opción utilizada para interactuar con el hardware o tarjeta micro-controlador, y *Full Chip Simulation* cuando se desea utilizar solamente el simulador. En la Figura 50, se muestra el menú desplegable de las configuraciones mencionadas.

**Figura 50. Ajustes de Simulación con CodeWarrior.**



En el ícono Ajustes de Estándares (*Standard Settings*) se configuran listas de archivos de la siguiente manera: se selecciona *Assembler for HC12* y a continuación se presiona el botón de “opciones” para elegir: “*Generate a listing file*” y “*Object File Format*”, de esta última opción se escoge *ELF/DWARF 2.0 Object File Format*. Estos pasos son mostrados en forma gráfica en las Figuras 51 y 52.

Figura 51. Ajustes de Estándares con CodeWarrior

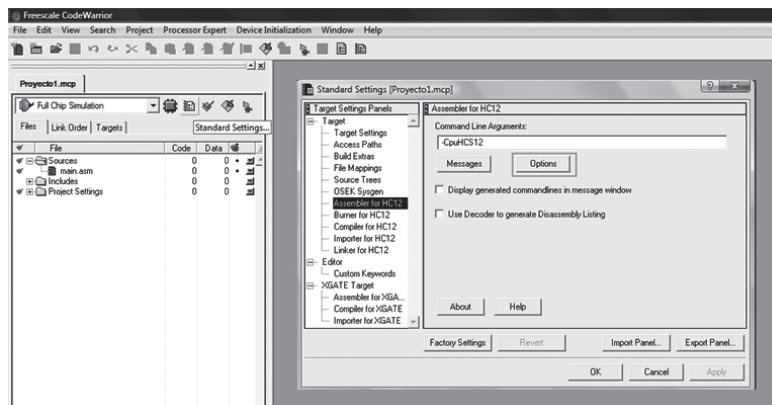
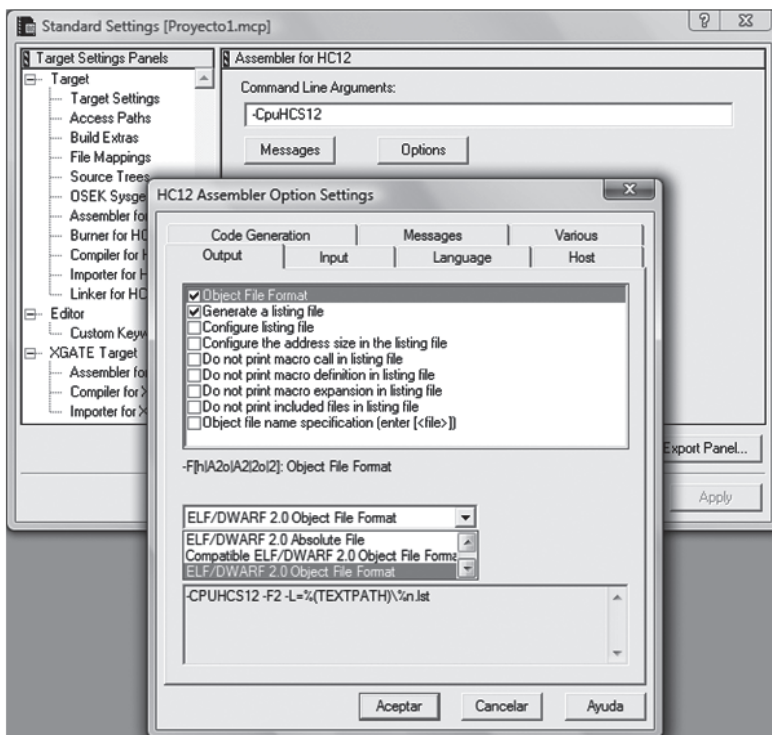
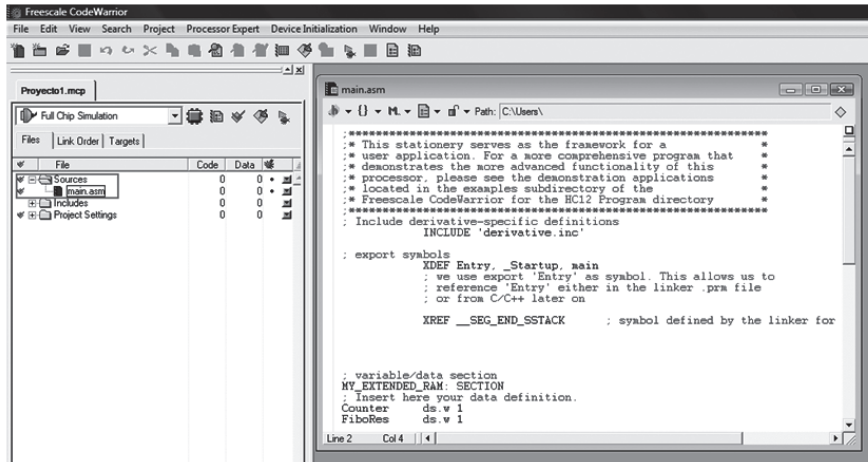


Figura 52. Opciones de Ajustes Assembler HC12



Ahora el paso siguiente es abrir la carpeta “Sources” e ingresar a “main.c” o “main.asm” dependiendo del lenguaje de programación que se haya escogido en los pasos anteriores, en la nueva ventana se escribe el código o programa a ejecutar en la tarjeta micro-controlador. En la Figura 53, se ilustra el procedimiento mencionado.

**Figura 53. Ingresando Código en CodeWarrior**



En la ventana “main.asm” se escribe un código que puede tener la siguiente estructura:

```
; Nombre del Programa
; Exportar Símbolos
    XDEF Entry, main
    XREF __ _SEG _END _SSTACK
;*****
;Archivos de Usuario
;*****
; Registros de Usuario
BASE:  EQU    0           ; Dirección Base para los Registros
PORTA: EQU    BASE+0      ; Puerto A
DDRA:  EQU    BASE+2      ; Directorio de Datos de Registro A
```

```

PORTB: EQU    BASE+1    ; Puerto B
DDRB: EQU    BASE+3    ; Directorio de Datos de Registro B
LED1: EQU    %00000001 ; LED1 en Puerto A-0
LED2: EQU    %00010000 ; LED2 en Puerto B-4
;*****
; Constantes Definidas por Usuario.
DELAY1: EQU    $ffff ; Contador de bucle interno
DELAY2: EQU    $04    ; Contador de bucle externo
;*****
; Sección de Código de Usuario.
MyCode: SECTION
main:
Entry:
;*****
; Inicialización de registro de Stack Pointer (Puntero de Pila)
        LDS    #_ _SEG _END _SSTACK
;*****
; Código del Programa
; Inicializar I/O
        bset   DDRA,LED1 ; Puerto A-0 salida
        bset   DDRB,LED2 ; Puerto B-4 salida
        ldaa   #LED1     ; display LED
        ldab   #~LED2    ; ~ = 1's complemento

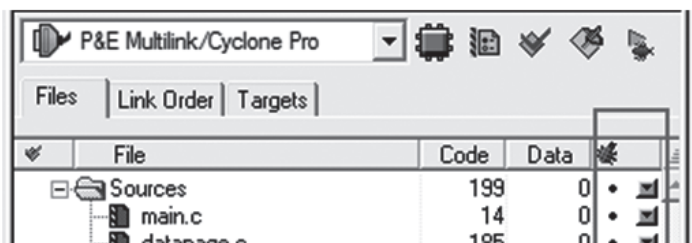
main_loop:
; DO
;   Display el patrón actual de los LEDs
        staa   PORTA
        stab   PORTB
;   Esperar un tiempo
        jsr    delay_sub ; Usar una subrutina
;   Complementar los valores de visualización
        coma   ; Complementar Registro A
        comb   ; Complementar Registro B

; Forever
        bra    main_loop

```

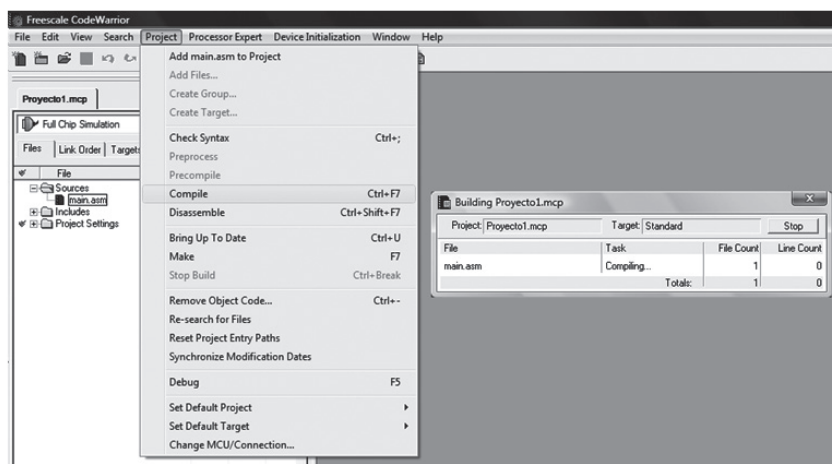
A continuación se debe verificar que la información de depuración va a ser generada, para realizar dicha comprobación se debe observar en la ventana de administrador de archivos del proyecto un punto negro, como el mostrado a continuación: “•”, ubicado en la columna del ícono característico que denota error en la programación, en la Figura 54 se muestra lo mencionado.

**Figura 54. Verificación de Información de Depuración “Debugging”**



También se debe compilar el código escrito para comprobar si hay o no errores, lo cual se realiza presionando click izquierdo en la barra de menú del software CodeWarrior, donde se encuentra Project–Compile, en la Figura 55, procedimiento para compilar y corregir cualquier error.

**Figura 55. Compilar en CodeWarrior**







## **Conclusiones, Tendencias y Trabajo Futuro**



La idea de implementar LR aparece a principios de los años noventa, cuando se sugirió la idea futurista de acceder y manipular equipos de laboratorios a través de Internet para propósitos académicos; desde ese entonces el número de LR implementados ha ido creciendo de manera acelerada alrededor del mundo, según lo señalan Aburdene, Mastascusa y Massengale (1991) [28], junto con Abdulwahed y Nagy (2011) [29].

A manera de conclusión se puede mencionar que como se ha observado en capítulos anteriores, este crecimiento ha sido sin tener en cuenta un protocolo o estándar acerca de cómo se debe implementar un LR, razón por la cual a lo largo de este libro se han analizado requisitos, articulación de conceptos y requerimientos para la implementación de un LR, así como también la ilustración de algunos de ellos. De la misma manera citando a Dormido (2004) [30], se especifican requisitos adicionales para una implementación exitosa de un LR, los cuales son:

- Interfaz de experimentación amigable y completa, para lograr de esta manera que el LR sea de fácil uso y comprensión, teniendo en cuenta que el estudiante remoto no tendrá ayuda presencial en sitio o local para resolver posibles inconvenientes que se puedan presentar.
- Supervisión del entorno de experimentación en tiempo real (transmisión y recepción de datos audio y vídeo), para que los usuarios remotos tengan conocimiento o control en todo momento del LR y de esta manera prevenir daños en los materiales y/o equipos.
- Equilibrio entre seguridad y flexibilidad, debido a que políticas de seguridad incorrectas puede provocar que el entorno remoto colapse o presente fallas de funcionamiento, además de que el sistema debe poder ser protegido contra daños por accesos no deseados.

- Adaptación de los materiales o insumos de un Laboratorio Tradicional a un LR, de tal manera que este sea intuitivo y autónomo y que explique de forma detallada la descripción o pasos a seguir en el desarrollo del LR.
- Espacio para guardar trabajos experimentales desarrollados; el sistema debe tener la posibilidad de poder guardar el desarrollo y resultados del trabajo realizado por los estudiantes remotos, para que este pueda ser accedido en posteriores sesiones y también para que los docentes puedan evaluar los mismos.

De la misma manera también se pueden mencionar otros requisitos como: Software del lado del cliente con capacidad multi-plataforma, sin ningún costo y de fácil instalación para el estudiante remoto, además de que este tenga parámetros aceptables de calidad de servicio; adicional a esto, que en el LR se pueda tener fácil acceso a actividades experimentales desarrolladas antes, que cuente con una arquitectura abierta y modular para la inclusión de nuevos componentes y ejercicios sin provocar largas interrupciones en el servicio con mantenimiento de las políticas reglamentarias y de seguridad con la implementación de nuevas versiones.

También se hace necesario mencionar las tendencias vigentes en los LR, como lo es la integración de los LR con Moodle, que a nivel general es un Sistema de Gestión de Cursos de Código Abierto (*Open Source Course Management System*, CMS), conocido como Sistema de Gestión del Aprendizaje (*Learning Management System*, LMS) o también llamado Entorno de Aprendizaje Virtual (*Virtual Learning Environment*, VLE). El trabajo conjunto de los LR con los sistemas de gestión de aprendizajes LMS se ha venido desarrollando como tendencia en los últimos años.

Igualmente características de los LR que también pueden ser analizadas como tendencias actuales, es el desarrollo de la realidad aumentada y de entornos inmersivos con lo cual se podría lograr una participación con mejor interacción por parte del estudiante remoto con los equipos que hacen parte de las experimentaciones en el laboratorio; varios de los entornos más representativos a nivel

internacional son Second Life, OpenSim y OpenWonderlan los cuales en su definición más general permiten crear mundo colaborativos virtuales en tercera dimensión (3D) o metaverso<sup>10</sup>.

A continuación en las Figuras 56 y 57, se ilustra un LR implementado en la Universidad de Deusto, el cual es un entorno inmersivo e interactivo, y en la Figura 58 se muestra un ejemplo del Foro Internacional de Contenidos Digitales – FICOD, donde los asistentes interactúan a través del entorno con la conferencia en sí y otros asistentes a la misma.

**Figura 56. Ejemplo Tendencia Laboratorio Remoto – Entorno Inmersivo**



Fuente: Universidad de Deusto, weblabdeusto.

<sup>10</sup> Metaverso: Entorno de interacción social en un espacio 3D virtual que actúa asemejándose al mundo real, a través de un Avatar o Icono (Representación Virtual de una persona).

**Figura 57. Ejemplo Tendencia Laboratorio Remoto Teleoperación en Entorno Inmersivo**



Fuente: Universidad de Deusto, weblabdeusto.

**Figura 58. Ejemplo Entorno Inmersivo en la Educación**



Fuente: FICOD

Líneas futuras que se pueden trabajar en el desarrollo creciente de los LR, van de la mano con la Web 3.0 o Web Semántica donde se mejora la interoperabilidad usando “agentes inteligentes”, posibilitando comunicación entre distintos sistemas informáticos, característica que se puede utilizar: generar interacción entre los diversos Laboratorios Remotos de las distintas universidades a nivel mundial, promoviendo de esta manera trabajo colaborativo formativo e investigativo.

Una característica común de varios de los LR implementados es la de ser sistemas monousuarios; un solo usuario a la vez desarrollando la experimentación, lo cual muestra como trabajo futuro desarrollar tecnologías e implementar arquitecturas que permitan Laboratorios Remotos multiusuario favoreciendo de esta manera el trabajo colaborativo, sin olvidar el componente pedagógico, que debe estar presente en la relación: Uso de Laboratorios Remotos y apropiación de competencias por parte de los estudiantes, investigadores o usuarios finales.





# **Anexos**



## Anexo 1 – Listado de Acrónimos y siglas

Se especifica que el significado de los acrónimos y siglas son escritas en el idioma en que fueron creadas.

ACRÓNIMO Y SIGLAS	
ACT	Automatic Control Telelab
AJAX	Asynchronous JavaScript And XML
ASCII	American Standard Code for Information Interchange —
CMS	Content Management System
Corba	Common Object Request Broker Architecture
CPLD	Complex Programmable Logic Device
CUC	Corporación Universitaria de la Costa.
DIESEL	Distance Internet-Based Embedded System Experimental Laboratory
DoS	Denial of Service
FICOD	Foro Internacional de Contenidos Digitales
FPGA	Field Programmable Gate Array
HTML	HyperText Markup Language
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IES:	Instituciones de Educación Superior.
IT	Information Technology
LabVIEW	Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench
LMS	Learning Management System
LR	Laboratorio Remoto
LT	Laboratorio Tradicional.
Matlab	MATrix LABoratory
MEN	Ministerio de Educación Nacional

ACRÓNIMO Y SIGLAS	
NI	National Instruments
PC	Personal Computer
TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol
TIC	Tecnologías de la Información y la Comunicación.
TriLab	Modalidad híbrida de laboratorio tradicional, Laboratorio Virtual, Laboratorio Remoto
UA	Universidad de Alicante (España)
UAL	Universidad de Alicante (España)
UFSC	Universidad Federal de Santa Catarina (Brasil)
UL	Universidad de León (España)
UMH	Universidad Miguel Hernández (España)
UNED	Universidad Nacional de Educación a Distancia (España)
UNR	Universidad Nacional de Rosario (Argentina)
UPC	Universidad Politécnica de Catalunya (España)
UPV	Universidad Politécnica de Valencia (España)
URL	Uniform Resource Locator
USB	Universal Serial Bus
VI	Virtual Instruments
VLE	Virtual Learning Environment,
VRML	Virtual Reality Markup Language
WWW	World Wide Web

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. Taylor, “Fifth Generation: Distance Education”, 20<sup>th</sup> ICDE (International Council for Open and Distance Education) World Conference on Open Learning and Distance Education, Düsseldorf, Germany, 2001.
- [2] D. E. Leal, traducción “Conectivismo: Una teoría de aprendizaje para la era digital”, Licencia Creative Commons 2.5, 2007.
- [3] G. Siemens, “Connectivism: A learning theory for a digital age”. International Journal of Instructional Technology and Distance Learning, Pittsburgh, PA, 2005.
- [4] R. Zamora, “Laboratorios Remotos: Análisis, Características y Desarrollo”. Educosta, Barranquilla, Colombia, 2010.
- [5] H. Hoyer, A. Jochheim, C. Röhrig, A. Bischoff, “A Multiuser Virtual-Reality Environment for a Tele-Operated Laboratory”, IEEE Transactions On Education, vol. 47, No. 1, pp. 121-126, Feb. 2004.
- [6] F. Arango, C. Chang, S. K. Esche, C. Chassapis, “A Scenario for Collaborative Learning in Virtual Engineering Laboratories”, Frontiers in Education Conference - Global Engineering: Knowledge without Borders, Opportunities without Passports, FIE ‘07. 37th Annual, Stevens Institute of Technology, Department of Mechanical Engineering, Hoboken, New Jersey, 2007.
- [7] L. Gomes, S. Bogosyan, “Current Trends in Remote Laboratories”, IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 56, No. 12, pp. 4744-4756, Dic. 2009.
- [8] Weblabdeusto. Universidad de Deusto – España. (2011). [En línea]. Disponible: <https://weblab.deusto.es/weblab>
- [9] J. García-Zubía, “Estrategias de Diseño de Laboratorios Remotos”, Capítulo Español de la Sociedad de la Educación IEEE, Conferencia Internacional del DIEEC/UNED (Departamento de Ingeniería, Eléctrica, Electrónica y Control/ Universidad Nacional de Educación a Distancia), Madrid, España, 2008.

- [10] Laboratório de Experimentação Remota. Universidad Federal de Santa Catarina – Brasil. (2011). [En línea]. Disponible: <http://www.inf.ufsc.br/~jbosco/frame3.htm>
- [11] Laboratorio Remoto de Física Electrónica. Universidad Nacional de Rosario – Argentina. (2011). [En línea]. Disponible: <http://labremf4a.fceia.unr.edu.ar/>
- [12] S. Marchisio, F. Lerro, O. Von Pamel, “Empleo de un Laboratorio Remoto para promover aprendizajes significativos en la enseñanza de los dispositivos electrónicos”. Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación, pp. 129 – 139. 2010.
- [13] Laboratorios Virtuales y Remotos. UNED (Universidad Nacional de Educación a Distancia) Departamento de Informatica y Automática – España. (2011). [En línea]. Disponible: <http://lab.dia.uned.es/rlab/index.html>
- [14] Proyecto AutomatL@bs. Red de Laboratorios de Automática – España. (2011). [En l]. Disponible: <http://lab.dia.uned.es/automatlab/>
- [15] S. Dormido, H. Vargas, J. Sánchez, “Proyecto AutomatL@bs: Red Interuniversitaria de Laboratorios de Control Automático a través de Internet”. Jornada de Investigación Departamento de Informática y Automática, UNED. España, 2008.
- [16] iLough-Lab. Universidad de Loughborough - Reino Unido. (2011). [Online]. Disponible: <http://www.ilough-lab.com>
- [17] ACT – Automatic Control Telelab. Università degli Studi di Siena, Dipartimento di Ingegneria dell’Informazione – Italia. (2011). [En línea]. Disponible: <http://act.dii.unisi.it/home.php>
- [18] C. Gravier, J. Fayolle, B. Bayard, M. Ates, J. Lardon, “State of the Art About Remote Laboratories Paradigms – Foundations of Ongoing Mutations”, International Journal of Online Engineering (iJoe), vol. 4, No 1, 2008. [En línea] Disponible: <http://www.online-journals.org/index.php/i-joe/article/view/480>

- [19] J. García-Zubía, “Advances on Remote Laboratories and e-learning Experiencies”, Deusto Publicaciones, Bilbao, España, 2007.
- [20] C. Riman, A. El Hajj, I. Mougharbel, “A Remote Lab Experiments Improved Model”, *International Journal of Online Engineering (iJoe)*, vol. 7, No 1, 2011. [En línea] Disponible: <http://www.online-journals.org/index.php/i-joe/article/view/1460>
- [21] S. Bermejo aboya, “Tutores inteligentes basados en asistentes personales”, XI Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas, Escola Universitària Politècnica de Vilanova i la Geltrú, Barcelona, España, 2003, pp. 1-10.
- [22] M.J. Callaghan, J. Harkin, E. McColgan, T.M. McGinnity, L.P. Maguire, “Client–server architecture for collaborative remote experimentation”. *Journal of Network and Computer Applications* - Elsevier, vol. 30, No. 4, pp.1295–1308, Nov.2007.
- [23] P. Orduña, J. García-Zubía, D. López-de-Ipiña, U. Hernández, I. Trueba, “Remote Laboratories from the Software Engineering point of view”. Deusto Publicaciones, Bilbao, España, 2007, pp. 131-149.
- [24] R. Sánchez, “Controlador Lógico Programable, una mirada interna”. Educosta, Barranquilla, Colombia, 2009, pp.41
- [25] F. Castellanos, “Laboratorios Virtuales o teleoperados como complemento a las prácticas en Ingeniería”. Educosta, Barranquilla, Colombia, 2010.
- [26] O. Martinez, “Escenarios formativos que hacen uso de las TIC”. Educosta, Barranquilla, Colombia, 2009, pp. 128
- [27] O. Ferrer-Roca, “Telemedicina”, Panamericana, Madrid, España, 2001.
- [28] M. F. Aburdene, E. J. Mastascusa, R. Massengale, “A proposal for a remotely shared control systems laboratory. In: *Frontiers in Education Conference*. Twenty-First Annual Conference – Engineering Education in a New World Order Proceeding, West Lafayette, IN, USA pp. 589–592. 1991.

- [29] M. Abdulwahed, Z. K. Nagy. “The TriLab, a novel ICT based triple access mode laboratory education model”, *Computers & Education* – Elsevier, vol. 56, No. 1, pp. 262-274, Ene. 2011
- [30] S. Dormido Bencomo. “Control Learning: present and future”, *Annual Reviews in Control* - Elsevier, vol. 28, No. 1, pp. 115-136, 2004.